8f
NA
5621
.M6
S85
1893

SUL RESTAURO

AL

RIVESTIMENTO MARMOREO
DEI PILONI

NEL

DUOMO DI MILANO.

RELAZIONE DELLA COMMISSIONE MINISTERIALE

NOMINATA CON DECRETO 6 SETTEMBRE 1890.

MILANO,
Tipografia Bernardoni di C. Rebeschini e C.

1893.

SUL RESTAURO

AL

RIVESTIMENTO MARMOREO DEI PILONI

NEL

DUOMO DI MILANO.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/sulrestauroalriv00unse

(Beltrami, Luca)

SUL RESTAURO

AL

RIVESTIMENTO MARMOREO

DEI PILONI

NEL

DUOMO DI MILANO.

RELAZIONE DELLA COMMISSIONE MINISTERIALE

NOMINATA CON DECRETO 6 SETTEMBRE 1890.

MILANO,

Tipografia Bernardoni di C. Rebeschini e C.

1893.

A Sua Eccellenza

FERDINANDO MARTINI

Ministro della Pubblica Istruzione.

I sottoscritti, nel rassegnare il risultato degli studi e delle ricerche compiute ad evasione dell'onorevole mandato che loro veniva conferito dal decreto ministeriale del 6 settembre 1890, si sentono in dovere di premettere alla Relazione che riassume il lavoro compiuto, alcune considerazioni riguardo al procedimento seguìto.

Più di due anni sono trascorsi dalla data del mandato, alla presentazione di questa Relazione: ma tale periodo di tempo non si vorrà giudicare eccessivo, quando si consideri la varietà delle indagini, e delle esperienze che si ritennero necessarie per arrivare alla soluzione del quesito importante, e così delicato, che il R. Ministero della Pubblica Istruzione volle affidare ai sottoscritti.

Col proposito di non ommettere qualsiasi informazione che potesse contribuire allo scopo prefisso, la

Commissione fu concorde nel dare al proprio operato un indirizzo positivo e sperimentale, evitando qualsiasi idea preconcetta, o dato ipotetico, per potere così basare le proprie conclusioni sopra dati di fatto, desunti da ricerche, scandagli e calcolazioni, effettuate o promosse direttamente dalla Commissione stessa.

A questo riguardo i sottoscritti si sentono in dovere, innanzi tutto, di segnalare al R. Ministero della Pubblica Istruzione l'accoglienza favorevole e sollecita, che la Onorevole Amministrazione della Veneranda Fabbrica del Duomo ha fatto ad ogni richiesta che la Commissione ritenne necessario di formulare, per l'adempimento del proprio mandato, mettendo a disposizione i documenti e i disegni che potevano avere riferimento al quesito da risolvere, agevolando la ricerca dei dati relativi ai precedenti della questione, prestandosi alle indagini ed agli assaggi nei piloni del Duomo, e mettendo a disposizione dei sottoscritti l'opera attiva e diligente dell'ing. Luigi Bernascone, il quale, come segretario, tenne i verbali delle sedute, si occupò della ricerca e dello spoglio dei documenti e della verifica delle calcolazioni, la quale opera veniva a mancare solo verso la fine dei lavori per l'immatura morte del segretario.

In pari tempo la Commissione deve segnalare la valida collaborazione dei signori professori cav. Antonio

Sayno, e Francesco Molinari, del R. Istituto Tecnico superiore di Milano, i quali, invitati a studiare i materiali che costituiscono i piloni del Duomo, dal punto di vista della costituzione geologica e della resistenza alla pressione, fornirono dati numerosi e particolarmente interessanti.

Per tutto ciò, è a sperare che il lavoro compiuto dalla Commissione sottoscritta, anche indipendentemente dal valore che si vorrà attribuire alle conclusioni cui arriva, rimarrà uno studio che, per le notizie positive sulle quali si fonda, potrà presentare una pratica utilità nelle questioni d' indole generale che si connettono alla solidità e alla conservazione del Duomo di Milano, poichè sottrarrà tali questioni da quella indeterminatezza riguardo alla struttura dei piloni e alla resistenza dei materiali impiegati, che fino ad ora dominò. Ed è appunto per la importanza che i dati tecnici del lavoro compiuto potranno avere nelle questioni avvenire, che la Commissione ha creduto opportuno dare alle stampe, non solo la Relazione, ma anche il materiale che contribuì alle conclusioni, e che alla Relazione si volle allegato.

Già la Commissione sottoscritta ebbe a formulare un giudizio sommario sulla questione della solidità dei piloni, quando, dopo aver compiuti gli assaggi ai piloni ed eseguite le esperienze sulla resistenza dei materiali

impiegati, ebbe a rimuovere ogni preoccupazione di immediati pericoli nelle condizioni di stabilità del monumento.

Ora nel rassegnare il risultato degli studi compiuti, la Commissione è ben lieta di avere avuto campo di mettere in rilievo quanto il concetto costruttivo, che presiedette alla erezione del monumento, corrisponda e si compenetri al sentimento artistico che lo ispirava, e di aver potuto constatare, come dallo studio costruttivo del monumento si possa e si debba ritrovare la via per assicurarne le sorti in avvenire.

Milano, dicembre 1892.

La Commissione

Prof. GIUSEPPE COLOMBO, Deputato al Parlamento, *Presidente;*

Arch. LUCA BELTRAMI, Deputato al Parlamento, *Vice-Presidente* e *Relatore;*

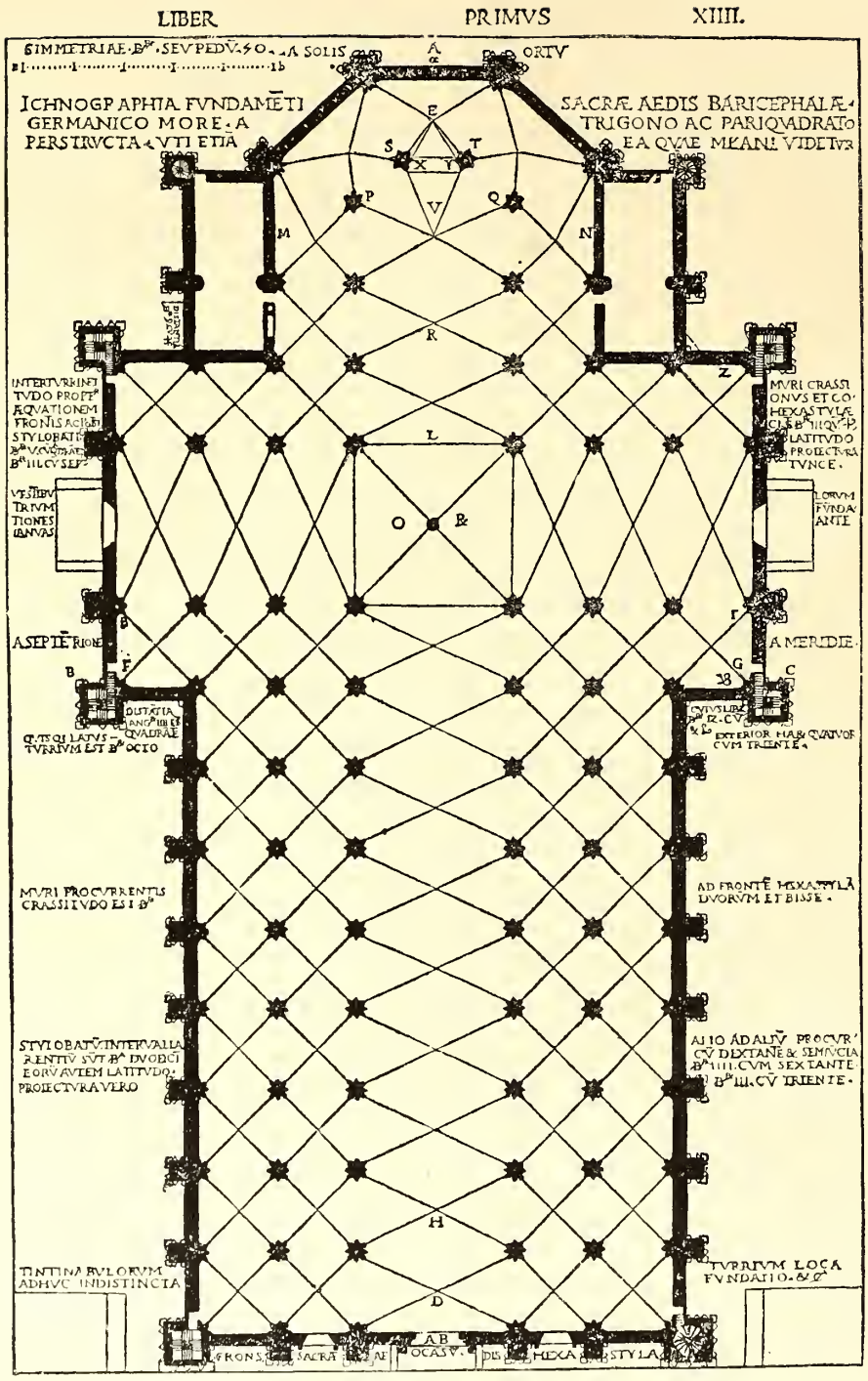
Arch. GIOVANNI CERUTI, Membro della Commissione conservatrice dei Monumenti di Milano;

Ing. PAOLO CESA BIANCHI, Architetto della Veneranda Fabbrica del Duomo;

Arch. AUGUSTO GUIDINI, Membro della Commissione conservatrice dei Monumenti di Milano;

Ing. LUIGI TAZZINI, Agente della Veneranda Fabbrica del Duomo.

RELAZIONE.



PIANTA DEL DUOMO DI MILANO

dall'opera *Comenti a Vitruvio,* pubblicata da Cesare Cesariano in Como l'anno 1521.

RELAZIONE.

I piloni che reggono le vôlte del Duomo, sono costrutti con due materiali diversi: il *marmo di Candoglia* per la parte esterna, e il *Sarizzo* per la parte interna. Questo risulta da varii passi degli Annali della Fabbrica del Duomo, dei quali basterà citare quello che si riferisce alla risposta data dagli ingegneri della fabbrica, nel gennaio 1400, alle osservazioni mosse dall'architetto francese Mignot riguardo la solidità dei piloni: " *et in medio piloni sunt lapides sarizii bene splanati et bene clavati et ad majorem fortitudinem sunt clavati cum clavelis ferri pomblatis ubique.* „ (Ann. Fabb. Duomo, Vol. I, fog. 203.)

Questo accoppiamento di materiali, sia che si voglia ritenere suggerito dal concetto di dare alla parte centrale del pilone una maggiore resistenza, sia che si voglia considerare come provvedimento di indole economica, tendente ad impiegare nell'interno dei piloni un materiale sensibilmente meno costoso del marmo, non mirava a distinguere nel pilone due parti aventi diverso ufficio statico, giacchè il marmo e il sarizzo vennero intimamente collegati fra loro allo scopo di ripartire uniformemente il peso della fabbrica: il che risulta ancor più chiaramente dalle istruzioni date agli appaltatori sul principio del 1600, quando si costrussero i piloni verso la facciata: " con patto che tutti li marmi siano bene lavorati et le sue sette in piano per il verso a pezzo per pezzo, ben accostati et posti in opera tutti bene a livello et bene al traguardo, et che le conjuncture, sì quelle in piano come

le in piedi, siano talmente ben fatte et non sotto squadra, acciò per il carico non si sgiandino, et in modo tale che il pilone paia *esser tutto d'un pezzo*, se fosse possibile. Et caso che li pezzi non compiscano il corpo di esso, si compisca di marmo o di saricio come meglio giudicherà il detto ingegnere. „ (Ann. Fabb. Duomo, Vol. V, fog. 8.)

La resistenza dei piloni, specialmente per quelli reggenti il tiburio del Duomo, si deve quindi considerare come fissata fin dai primi architetti della fabbrica in base alla effettiva sezione dei piloni stessi, ed alla resistenza unitaria dei materiali impiegati.

Non ci risulta che, quando verso la metà del secolo scorso si procedette ad innalzare sul tiburio del Duomo la guglia maggiore, siavi stata una particolare preoccupazione per l'aumento non indifferente di carico che veniva a verificarsi sopra i quattro piloni maggiori: infatti, se si possono ricordare le calcolazioni eseguite verso il 1764 dal Padre Boscovich, professore di matematica all'Università di Pavia, allo scopo di determinare il peso complessivo gravitante sui quattro piloni e dedurne delle considerazioni sull'equilibrio statico del monumento, non ci è dato asserire che a quell'epoca siano state fatte particolari indagini per determinare scientificamente il carico effettivo cui potevano essere assoggettati i quattro piloni *(Nota 1)*; cosicchè si deve ammettere che la guglia maggiore venne condotta a termine come parte integrante del progetto originario, facendo senz'altro affidamento sopra quella eccedenza di solidità che i primi architetti della fabbrica hanno predisposto per la massa complessiva del monumento quale venne da loro ideata.

E ben si può dire che sia stato con altrettanta fiducia nella solidità dell' impianto primitivo del monumento, che nella prima metà del secolo nostro, si procedette a completare il tiburio colla disposizione dei quattro gugliotti corrispondenti ai quattro piloni maggiori della crociera, dei quali gugliotti uno solo era stato costrutto nel primo quarto del secolo XVI dall'architetto Omodeo. Infatti l'architetto Pestagalli — che verso il 1843 portava a compimento il secondo gugliotto di sud-ovest — mostrava di confidare largamente nella robustezza d'impianto dei piloni, ritenendo questi atti a sopportare l'aumento non

indifferente di peso, poichè, dopo aver calcolato, seguendo in parte le operazioni del Boscovich, il peso complessivo che dopo la costruzione dei quattro gugliotti avrebbe gravato sui quattro piloni, peso che gli risultava di Kg. 14.968.224, aggiungeva: " Ora se si osser-
" vano i risultati delle esperienze fatte da diversi rinomati calcolatori
" sulla resistenza dei marmi alla pressione ed allo schiacciamento — es-
" sendone date alcune del Reunier riportate dal cavaliere di Bartolo
" nelle sue tabelle dei pesi specifici dei marmi e della loro resistenza,
" fra le quali rimarcasi quella del *marmo bianco italiano veneto* (di-
" verso da quello di Carrara) che si deve supporre della stessa qua-
" lità del nostro di fabbrica (se pure non è infatti quel medesimo) — si
" trova che la sua durezza è tale da poter sostenere senza pericolo
" di schiacciamento il peso di Kg. 687 per ogni cent. quad. di superficie
" compressa, ed essendo la superficie della sezione del pilone di centi-
" metri quadrati 70.725, il peso che potrebbe sopportare ognun di essi,
" prima di dare indizio di schiacciamento, sarebbe di Kg. 48.588.075
" ossia quasi tredici volte quello che trovasi effettivamente caricato
" sovr'essi. „ *(Nota 2)*

Risulta nettamente da questo passo come sino a pochi anni or sono sia stato aumentato gradatamente il carico gravante sui quattro piloni maggiori, senza precisare scientificamente la resistenza effettiva di questi mediante l'esame dei materiali che li compongono e la determinazione del rapporto col quale sono impiegati. E per verità si può facilmente spiegare questa larga fiducia riposta nella solidità del primitivo impianto del Duomo, quando si pensi che le condizioni statiche generali del tempio si mantennero sempre soddisfacenti attraverso i secoli, mentre in moltissime costruzioni coeve d'oltralpi si presentò la necessità di rilevanti opere di consolidamento e di rifacimento: ben si può dire che la sicurezza colla quale i primi architetti del Duomo confutarono gli architetti stranieri, quando sollevavano continuamente dubbi sulla solidità della fabbrica, non sia stata smentita.

Oggidì, al momento in cui col compimento del quarto gugliotto, viene già a funzionare sui quattro piloni maggiori il massimo carico

della fabbrica, l'esame e lo studio tecnico dei piloni stessi, potrà forse sembrare provvedimento tardivo: eppure non poteva questo studio essere maggiormente differito, sia in riguardo all'interesse presentato dalla conoscenza intima ed esatta delle condizioni dei piloni dal punto di vista statico ed archeologico, sia in riguardo alle maggiori o minori garanzie che da tale conoscenza possono risultare per le future contingenze del monumento.

Infatti, se le condizioni di stabilità nell' organismo del Duomo, per quanto riguarda la regolare distribuzione di pesi e contrasto di spinte negli archi e nelle vôlte, si mantennero sempre soddisfacenti, non potevano mancare anche nel Duomo gli indizi di quel deterioramento graduale che si verifica costantemente in ogni costruzione e ne indica appunto la età.

Questo deterioramento nella superficie marmorea si presenta generalmente sotto la forma di sfaldamenti piuttosto superficiali, o di fratture dei conci di marmo, le cui cause si ricercheranno più innanzi.

Per il passato si provvide a riparare a tale deterioramento, sia col parziale rinnovamento delle parti guaste, sia col semplice completamento delle sfaldature mediante l' applicazione di cemento: e quest' ultimo partito fu quello particolarmente usato verso la metà di questo secolo nel restauro dei piloni interni.

Se non che l'applicazione del cemento, in causa forse delle speciali condizioni igrometriche dell'interno del tempio, non ebbe a dare un buon risultato, e il distacco di alcuni di questi rappezzi di cemento — i quali per la rilevante altezza da cui potevano cadere costituivano un serio pericolo per la incolumità dei visitatori — obbligò nel 1882 a chiudere il tempio per un periodo di tre mesi, allo scopo di effettuare una generale revisione dell' interno del monumento.

Fu in seguito a tale revisione che, rimesse a nudo molte sfaldature della superficie dei piloni, si abbandonò l' impiego del cemento, adottando esclusivamente il metodo della sostituzione delle parti guaste con nuovi pezzi di marmo.

La Direzione dei lavori della Fabbrica, attribuendo in modo particolare al sarizzo, che si trova impiegato nel nucleo del pilone, l'uffi-

cio statico, ed ammettendo per il marmo di Candoglia uno speciale ufficio di rivestimento a difesa del nucleo interno, provvide a sopprimere le sfaldature superficiali, intaccando i conci sfaldati, per modo da potervi inserire dei nuovi pezzi di marmo di limitata rientranza, i quali venivano ad avere così nel corpo del pilone un ufficio puramente di rivestimento e di rimpello; l'applicazione di questo sistema di restauro ebbe a sollevare, or sono quattro anni, specialmente pei piloni maggiori, alcune obbiezioni le quali, nella parte loro più essenziale, consistevano nel timore che, coll'andar del tempo, la continua applicazione di questo metodo di restauro, avrebbe dato come diretta conseguenza una diminuzione non trascurabile nella sezione effettiva di resistenza del pilone, ed una lenta ma graduale trasformazione della zona periferica del pilone in un semplice rivestimento, non immedesimato colla massa centrale, secondo il concetto dei primi architetti della fabbrica *(Nota 3.)* Queste obbiezioni — le quali anzichè implicare una critica al provvedimento tecnico tenuto dalla Direzione dei lavori nel compiere il restauro dei piloni, miravano a tener calcolo delle remote conseguenze che si potevano verificare in una parte della struttura del tempio così importante e tuttavia ancora indefinita — richiamarono l'attenzione del R. Ministero della Pubblica Istruzione, il quale sollecitò un rapporto sulla questione dal R. Delegato alla Conservazione dei Monumenti in Lombardia. (Allegato A.)

Questo rapporto, ammettendo anzi tutto come la parte marmorea costituente l'inviluppo del nucleo in sarizzo dovesse avere un ufficio statico e non di solo rivestimento, riconosceva come l'operazione della sostituzione di alcune parti di questo inviluppo marmoreo con pezzi nuovi portasse ad una diminuzione nella sezione effettiva di resistenza del pilone, diminuzione che, colla continuata applicazione del restauro, poteva diventare dannosa, tanto per le condizioni statiche del pilone, quanto per la normale conservazione della superficie del pilone stesso, perchè in questo sarebbe andato diminuendo sempre più il volume medio dei conci di marmo che lo compongono, aumentandosi al tempo stesso il numero delle commessure. Riconoscendo quindi come la applicazione del metodo di restauro adottato, dovesse consi-

derarsi come provvedimento necessario nei casi di riparare sfaldature o fenditure di conci piuttosto estese, il rapporto concludeva col raccomandare che l'operazione del restauro ai piloni, in vista delle conseguenze succitate, avesse ad essere adottata con grande parsimonia, nei soli casi di vera necessità, ritenendo preferibile il lasciare il danno apparente di piccole sfaldature, anzichè compiere il restauro completo della superficie a danno della solidità del pilone; conchiudeva quindi quel rapporto col proporre che si avessero a determinare opportune norme da seguire nella delicata operazione del restauro dei piloni, e che la compilazione di tali norme fosse affidata ad una Commissione, nella quale avessero a prender parte tanto coloro che giudicavano favorevolmente il metodo adottato, quanto coloro che avevano qualche dubbio sulla efficacia del metodo stesso.

Il Ministero della Pubblica Istruzione, accogliendo le conclusioni di tale rapporto deliberava nel settembre del 1890, di nominare un'apposita Commissione al giudizio della quale sottoponeva il quesito del restauro dei piloni del Duomo, col mandato di riferire se il metodo seguito nel restauro del rivestimento marmoreo dei piloni del Duomo di Milano, potesse comprometterne la solidità. (Allegato B.)

La Commissione iniziava nel novembre del 1890, gli studi e le ricerche necessarie a formulare una risposta al quesito che le veniva sottoposto.

Dopo uno scambio di idee generali sull'argomento e il richiamo di alcuni esempi di questioni analoghe riferentisi alla solidità dei piloni, come S. Salvatore a Venezia, la Cattedrale di Bayeux, la Cattedrale di Siviglia ed altre *(Nota 4)* si convenne nella necessità di procedere innanzi tutto alla ricerca e alla determinazione di quegli elementi che potevano precisare la struttura dei piloni e la costituzione fisica e chimica dei materiali che li compongono.

Il punto di partenza per entrare in questo campo pratico di ricerche era necessariamente quello di determinare la natura dei materiali adottati pei piloni e la proporzione nella quale questi vi si trovano impiegati giacchè, le indicazioni fornite dagli Annali, e che già vennero menzionate, non si prestavano per fondarvi un calcolo della

resistenza nei piloni. Vero è che qualche membro della Commissione inclinava a ritenere, in base ai documenti, che il nucleo dei piloni fosse costituito in modo regolare da conci di sarizzo lavorato accuratamente, per modo da costituire per sè stesso un nucleo a sezione regolare inscritto nella sezione complessiva del pilone, il cui contorno doveva quindi essere costituito da un rivestimento in marmo di uniforme rientranza; d' altra parte qualche membro della Commissione escludeva a priori l' impiego di laterizi nella struttura interna, basandosi sulla considerazione che la fornitura dei materiali laterizi, fatta in misura ragguardevole nei primi mesi della fabbrica, andò rapidamente scemando durante il terzo anno della fabbrica stessa, quando, ultimate le fondazioni in mattoni, si procedette alla costruzione dei muri di perimetro e dei piloni. Ma queste considerazioni non potevano esimere la Commissione dal provvedimento di verificare direttamente le condizioni interne dei piloni mediante degli assaggi fatti con trapanature nella massa stessa dei piloni.

Questi assaggi vennero tosto iniziati in due dei piloni maggiori, e precisamente in quelli verso il coro, i quali essendo nella lor parte inferiore mascherati parzialmente dalle cantorie, offrivano maggior agio degli altri due per gli studi e le esperienze della Commissione.

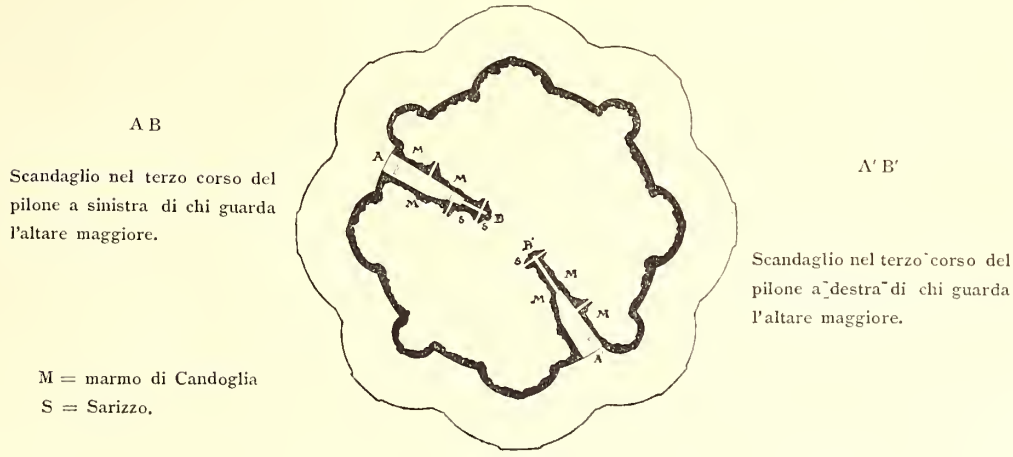


Fig. 1.

Traendo partito dalla frattura di un concio di marmo nel pilone di sud-est, si praticò nella parte deteriorata del marmo un foro avente

all'imbocco una sezione quadrata di centimetri 20 di lato: questa sezione, dopo una profondità orizzontale di centimetri 40 venne gradatamente diminuita, e ridotta a centimetri 5 di larghezza per centimetri 9 di altezza, sino alla profondità di centimetri 64, dopo la quale profondità l'assaggio venne continuato con una semplice trapanatura di millimetri 20 di diametro. Nella prima tratta il piano orizzontale superiore del foro corrispondeva ad un piano di posa, e il lato destro ad un piano di combaciamento, cosicchè si venne a riscontrare in questi due piani una lavoratura diligentemente eseguita a punta fina: a centimetri 12 dalla bocca del foro, si trovò sul piano inferiore orizzontale una chiavella in ferro piombato, disposta in direzione normale al raggio del pilone, la estremità della quale si presentò arrugginita. Il concio di marmo a destra di quello intaccato dal foro, misurava una profondità di centimetri 40, e dopo questo concio si presentava ancora un pezzo di marmo: colla operazione della trapanatura, si ebbe ad incontrare il sarizzo dopo una perforazione di centimetri 35, e cioè alla profondità di centimetri 97 dalla superficie del pilone. Praticata invece una trapanatura nel corso sottostante a quello nel quale era stato fatto il foro sopradescritto, si ebbe ad incontrare il sarizzo alla profondità di soli 35 centimetri.

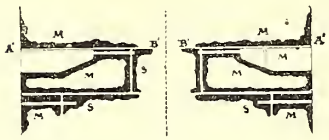


Fig. 2.

Sezione dello scandaglio nel pilone di sinistra.

Da questi primi assaggi già si poteva quindi concludere:

— Che il rivestimento in marmo non aveva uno spessore neppur approssimativamente costante, variando da centimetri 35 a centimetri 97.

— Che il marmo era stato impiegato anche per i conci interni del pilone, e quindi era stato considerato dai primi architetti come materiale eminentemente costruttivo al pari del sarizzo.

Queste indicazioni trovarono una conferma negli assaggi eseguiti nell' altro pilone di nord-est.

In questo si praticò un foro a sezione rettangolare avente all'imbocco centimetri 16 di larghezza e centimetri 26 di altezza, corrispondente cioè all'altezza del concio di marmo intaccato: questa sezione, arrivata alla profondità di centimetri 44, venne tenuta gradatamente in diminuzione,

fino ad arrivare alla profondità di centimetri 77, colla larghezza di centimetri 9 e coll'altezza di centimetri 6, dopodichè si continuò l'assaggio con una trapanatura della profondità di centimetri 26 e del diametro di 20 millimetri. Nella prima tratta più larga i lati superiore ed inferiore corrispondevano quindi a due piani di posa, mentre il lato sinistro corrispondeva ad un piano verticale di combaciamento. Questi tre piani si presentarono pure lavorati diligentemente a punta fina. Si trovò altresì una chiavella di ferro, simile alla succitata, alla profondità di centimetri 12 dalla bocca del foro. Il sarizzo venne trovato alla profondità di centimetri 94 dalla superficie del pilone, vale a dire nell'ultima tratta dell'esplorazione eseguita col trapano; il concio di marmo superiore a quello in cui venne praticato il foro presentava la rientranza di soli centimetri 28, e il concio inferiore presentava la rientranza di centimetri 52 presentandosi il sarizzo subito dopo questi due pezzi di marmo: il concio di marmo laterale di sinistra al foro presentava la rientranza di centimetri 40 ed era susseguito da un altro pezzo di marmo, mentre sul lato destro il sarizzo si incontrò alla profondità di centimetri 66.

Fig. 3.
Sezione dello scandaglio nel pilone di destra.

Fondendo assieme i risultati di queste due serie di assaggi praticati sopra sette conci di marmo costituenti la superficie dei piloni, risulta che in cinque assaggi il sarizzo si incontrò alla profondità variabile di m. 0.28, 0.33, 0.66, 0.94, 0,97, mentre negli altri due assaggi, alla profondità di 0.40, si trovarono due altri conci di marmo.

La forte diversità nelle rientranze dei conci di marmo, variabile nei pochi assaggi fatti da 0.28 a 0.97, esclude nettamente che il marmo sia stato impiegato come materiale di rivestimento, mentre il fatto di trovare dei conci di marmo impiegati nello stesso nucleo, indica che il marmo fu considerato come materiale di resistenza pari, se non superiore, a quello del sarizzo; infatti dall'esame dei numerosi elenchi dei prezzi per le provviste del marmo e del sarizzo nei primi anni della costruzione, risulta che il sarizzo era un materiale particolarmente economico, perchè costava da un quarto a un sesto del prezzo del marmo:

non vi sarebbe stato quindi alcun motivo per impiegare nell' interno dei piloni dei conci di marmo, se dall' impiego del marmo i primi architetti non si fossero ripromesso qualche vantaggio per la solidità complessiva del pilone.

La Commissione non poteva dal numero limitato di assaggi eseguiti dedurre senz' altro la proporzione fra la massa del marmo e quella del sarizzo nella struttura dei piloni; altre esplorazioni sarebbero state necessarie per poter precisare tale proporzione, e basarvi quindi le calcolazioni della resistenza complessiva del pilone. Ma il fatto constatato che i due materiali, marmo e sarizzo, si presentano come impiegati indifferentemente dal punto di vista della resistenza alla compressione, induceva la Commissione a determinare con opportune esperienze le resistenze unitarie dei due materiali, prima di procedere a nuove esplorazioni nei piloni, poichè se realmente fosse risultata nei due materiali una eguale resistenza alla compressione, sarebbe scemata di molto la necessità di precisare in quale rapporto i due materiali vennero impiegati. Furono quindi eseguite, a mezzo degli apparecchi del Gabinetto di costruzione annesso al Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano, due serie di esperimenti sul marmo e sul sarizzo.

Il risultato di queste esperienze, quale può essere dedotto dalla relazione fatta dal signor prof. Antonio Sayno (Allegato C) si riassume nei seguenti dati complessivi:

Diciassette esperienze eseguite sopra cubi di marmo hanno stabilito che per il marmo attualmente estratto dalle cave di Candoglia, la resistenza al primo stadio della compressione — e cioè sino all'apparire delle prime incrinature nei cubetti — è di Kg. 5.121 al millimetro quadrato, e di Kg. 6,898 al 2° stadio, e cioè al manifestarsi di quel disgregamento che è immediatamente seguìto dallo schiacciamento del pezzo sottoposto alla prova: gli esperimenti eseguiti con cubi di marmo ricavati da pezzi di marmo impiegati fin dall'origine nella costruzione, hanno dato una piccola diversità e cioè: resistenza di Kg. 5,126 al 1° stadio, e Kg. 6,929 al 2° stadio.

Mediante 16 esperienze eseguite con cubi di sarizzo ricavati da pezzi che si trovavano in opera fin dai primi tempi della fabbrica, si

potè constatare che la resistenza di questo materiale al 1° stadio della compressione è di Kg. 5269, mentre al 2° stadio è di Kg. 6,657. Raffrontando questi risultati si ha che il sarizzo resiste un poco più a lungo prima di manifestare le prime incrinature, mentre il suo disgregamento sotto la continua azione del carico avviene alquanto più rapidamente che non nel marmo: facendosi la media fra la resistenza nei due stadi si ha che la resistenza del sarizzo è $^{54}/_{55}$ di quella del marmo.

Stabilito questo fatto particolarmente importante perchè eliminava la necessità di stabilire la proporzione dell'impiego dei due materiali nella struttura del pilone e rettificava l'opinione generalmente ammessa che il marmo di Candoglia abbia una resistenza allo schiacciamento molto inferiore a quella presentata dal sarizzo, la Commissione poteva senz'altro procedere a stabilire, con un calcolo molto semplice, la resistenza complessiva cui potevano far fronte i quattro piloni maggiori, e, determinando poi con una calcolazione più complessa l' effettivo carico che viene a gravare sopra i piloni poteva avere dal rapporto fra i risultati di queste due calcolazioni, la indicazione della vera condizione di sicurezza presentata dai piloni, e dal grado più o meno soddisfacente di questo risultato, ricavare gli elementi per un parere ponderato e sicuro riguardo alle possibili conseguenze delle opere di restauro eseguite nei piloni stessi.

Applicando alla superficie della sezione orizzontale di uno dei piloni maggiori — la quale superficie è di centimetri quadrati 57.490 — la media fra le due resistenze unitarie per centimetro quadrato del marmo e del sarizzo e cioè Kg. 518.5 al primo stadio e Kg. 6.777 al secondo stadio si ha che il carico cui può andar soggetto uno dei piloni varia da Kg. 29.808.565 a Kg. 38.960.973. Riguardo al carico effettivo che grava sopra ognuno dei quattro piloni maggiori, si potevano ricordare le precedenti calcolazioni già menzionate, eseguite dal P. Boscovik nello scorso secolo, dall'architetto Pestagalli cinquant'anni or sono ed ultimamente dalla Direzione dei lavori. Ma volendosi avere un risultato quanto più esatto fosse possibile, credette conveniente la Commissione di incaricare il proprio Segretario di rivedere e rettificare

le calcolazioni succitate. E si ebbe così un risultato, che sebbene piuttosto divergente nelle singole calcolazioni, nella cifra complessiva riesce abbastanza approssimato alle precedenti calcolazioni, e cioè una massa di m. c. 4924 gravante sui quattro piloni: ora essendo il peso medio della muratura in marmo di Candoglia e in sarizzo di Kg. 2650 al m. c. ed ammettendo questo peso anche per le parti in muratura, il che viene a costituire la ipotesi più sfavorevole la quale può comprendere anche il peso accidentale della neve, ne risulta che il peso complessivo gravante sui quattro piloni maggiori del Duomo è di Kg. 13.048.600 ossia, per ogni pilone, Kg. 3.262.150.

Dal rapporto fra questo peso effettivo a quello del carico di resistenza determinato cogli esperimenti succitati, si aveva quindi questo risultato, che la pressione gravante sopra i piloni è di $^1/_9$ del carico di resistenza all'apparire delle prime incrinature, e di $^1/_{12}$ del carico di resistenza allo schiacciamento: risultato che si presentava soddisfacente, benchè non conforme alle conclusioni cui si era in modo alquanto sommario arrivato all'atto della costruzione del gugliotto Pestagalli nella quale circostanza era stato dichiarato che il peso complessivo della fabbrica gravante sui piloni doveva essere inferiore ad $^1/_{13}$ del carico di resistenza.

Questo risultato, ottenuto con ricerche condotte colla maggiore diligenza venendo ad attestare una condizione normale di stabilità nei piloni maggiori del Duomo, sui quali specialmente si volgevano i dubbi di solidità, spinse la Commissione a farne argomento per una relazione preliminare al R. Ministero della Pubblica Istruzione, allo scopo di dissipare al più presto quelle inquietitudini che il lavoro stesso della Commissione potesse avere ingenerato circa la solidità complessiva dell'edificio.

Eliminata ogni preoccupazione di conseguenze immediate per la stabilità dei piloni dipendentemente dalle opere di restauro alla superficie dei medesimi, gli studi della Commissione dovevano portarsi specialmente alla ricerca delle cause dei deterioramenti che si verificano nel rivestimento marmoreo dei piloni, all'esame dell'entità di questi deterioramenti, e quindi al giudizio dell'effettivo risultato che può dare il metodo di restauro adottato pei piloni stessi.

Prima però di procedere a questa seconda fase di ricerche, la Commissione stimava opportuno estendere lo studio della struttura interna del pilone anche ai piloni minori delle navate giacchè, se poteva essere giustificato il fatto di avere portato di preferenza l' attenzione sui piloni della crociera come quelli la cui sezione, per quanto maggiore degli altri, sopporta un peso unitario ben più ragguardevole del carico portato dagli altri piloni, non poteva essere giustificata una assoluta dimenticanza di studio per questi piloni, tanto più dinanzi alla ipotesi messa avanti da qualche membro della Commissione che nello interno di questi piloni potesse trovarsi impiegato anche il materiale laterizio. Si stabilì quindi di eseguire una serie di assaggi anche in uno dei piloni della navata maggiore, e precisamente nell'ottavo pilone di destra, a partire dalla parete interna della fronte. Gli assaggi vennero praticati nei corsi orizzontali immediatamente al di sopra della base, facendosi in ognuno di essi, mediante lo stampo, quattro fori, due a due diametralmente opposti, e facendo corrispondere verticalmente fra loro due a due gli assaggi stessi. Si ebbe questo risultato: nel corso inferiore lo spessore del marmo varia fra 0.32 e 0,47, nel corso superiore varia fra 0.37 e 0.49: in questi piloni quindi si presenta più costante che non nei quattro piloni maggiori lo spessore del marmo: il materiale laterizio venne riscontrato solo come riempimento dei piccoli interstizi fra il marmo e il nucleo interno di sarizzo, cosicchè si può ritenere che i primi architetti abbiano considerata la sezione dei piloni dalle navate abbastanza eccedente la necessaria di resistenza, tanto da adottare, senza preoccupazione, il materiale laterizio come riempimento di quei piccoli vani che potevano risultare fra i conci di marmo e i pezzi di sarizzo del nucleo. Per completare lo studio della

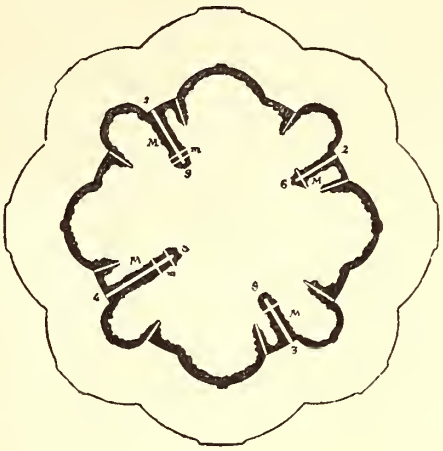


Fig. 4.

Scandagli nell'ottavo pilone di destra della navata maggiore.
M = marmo di Candoglia.
S = Sarizzo.
m = mattoni.

stabilità di questi piloni delle navata, si eseguirono alcune esperienze sulla resistenza del materiale laterizio originariamente impiegato nella costruzione, e la media di sei esperienze diede questi risultati.

Resistenza al 1° stadio, cioè all'apparire delle prime incrinature kg. 1.07 per mill. quad.°

Resistenza al 2° stadio e cioè allo schiacciamento Kg. 1.79 per mill. quad.°

Questi risultati corrispondono alla media della resistenza offerta dagli attuali laterizi fabbricati a mano o a macchina, ma sono inferiori ai risultati dati da laterizi forti a mano o a macchina di attuali fornaci milanesi, che diedero una resistenza media superiore ai Kg. 2.50 al millimetro quadrato.

Esaurita anche questa parte secondaria dello studio costruttivo e statico dei piloni, la Commissione procedette all'esame delle cause del deperimento nel rivestimento marmoreo. Tale deperimento poteva derivare tanto da cause fisiche dipendenti dalla struttura geologica del marmo e dalle condizioni del carico, quanto da cause chimiche dipendenti dalle particolari condizioni atmosferiche dell'interno del tempio. Occorreva quindi raccogliere tutti i dati relativi alla costituzione fisica e chimica del marmo di Candoglia e del sarizzo, per il che la Commissione ricorse all'opera del prof. ing. Francesco Molinari. (Allegato D.)

Il marmo impiegato nella costruzione del Duomo di Milano proviene si può dire esclusivamente dalla cava di Candoglia, situata nella valle dell'Ossola sul versante sinistro della Toce, cava la quale fu appunto donata dal Duca Gian Galeazzo Visconti nel 1386 perchè servisse alla costruzione del Duomo: il giacimento di questo marmo è disposto in una fenditura della roccia di micaschisto, larga circa 40 metri: il filone stratificato in senso verticale consta di strati di marmo bianco, o leggermente colorato in rosso, con trasparenza che ricorda quello dell'alabastro: gli strati sono frammezzati da venature costituite da pirite, clorite e tormalina (madremacchia) dette volgarmente *catene* che rendono una parte del giacimento inservibile alla costruzione. Indipendentemente da questa accidentalità, la struttura saccaroide di que-

sto calcare è molta varia; ora è finamente granulare, altre volte è spiccatamente cristallina, talvolta la struttura è visibilmente spatica.

Tutte queste variazioni del marmo impiegato nel Duomo, esaminate al microscopio, presentano strutture decisamente spatiche, distinguendosi facilmente i relativi tre piani di sfaldature determinanti un romboedro con angoli diedri di 105°.

Il sarizzo, materiale che si trova largamente impiegato nelle costruzioni della pianura lombarda, non proviene direttamente da cave, ma dai massi erratici un tempo abbondantemente disseminati lungo il versante nord delle valli del Po, come ricordo del periodo glaciale: di struttura granitica, questo materiale presenta, per la circostanza speciale della sua provenienza, una grande varietà: vi predomina la varietà granito porfirico, o porfiroide volgarmente detta *Sarizzo Ghiandone*, proveniente dalla Valle di San Giacomo — Spluga, da cui si sparse nelle adiacenze dei laghi e della Brianza. In questi massi di granito porfiroide si distinguono cristalli di felspato e quarzo colla struttura parallepipida analoga alla forma cristallina.

Poichè il deterioramento nei piloni si verifica esclusivamente nel marmo di Candoglia costituente l'involucro del nucleo in sarizzo, le ricerche e le induzioni della Commissione si portarono specialmente sul marmo. Ora, esaminando i casi di deterioramento, si può conchiudere che questi, benchè di svariatissime forme si raggruppano in due distinte categorie: deterioramenti costituiti da fratture e fenditure dei conci di marmo in direzione normale alla superficie del pilone, e — come caso più frequente — fratture e fenditure in direzione tangenziale al pilone.

La causa delle prime fratture, le meno frequenti, si può fondatamente assegnare ad una imperfetta ripartizione del carico sui due piani di posa del concio di marmo, il quale, col rompersi, viene appunto ad adattarsi ad un assettamento più uniforme. Quando queste fenditure sono localizzate in un concio di marmo, senza trasmettersi agli altri conci che stanno nei corsi immediatamente sopra e sotto, si può considerare l'accidente come privo di particolare conseguenza per la solidità intrinseca del pilone, giacchè i due pezzi del concio fratturato, funzionano nella struttura del pilone come due conci di

minore volume. Possono darsi dei casi nei quali la frattura si estenda e si prolunghi attraverso due o più corsi, ed allora il danno può assumere una certa gravità, perchè può dipendere da una condizione di squilibrio nei carichi o nelle spinte che si esercitano sul pilone, quando non dipenda invece dall'altra causa che può facilmente verificarsi, dell'ossidamento del ferro impiegato per le chiavelle che collegano vari conci di marmo. Verificandosi queste fratture comprendenti parecchi corsi di marmo, il provvedimento da seguire per porvi rimedio, va determinato nei suoi particolari, caso per caso a seconda della gravità e della forma del danno: in casi eccezionali potrà essere richiesta una sostituzione di conci nuovi di ragguardevole profondità, sino a sopprimere le parti che sono frantumate al punto da non essere più in condizione di funzionare come elementi di resistenza alla compressione. Ma è di avviso la Commissione che in ogni modo queste opere di restauro abbiano ad essere condotte mirando al risultato di localizzare il danno, impedendone la maggiore estensione, anzichè al risultato apparente e superficiale di togliere ogni traccia di questo danno col pericolo di portare, mediante la estesa sostituzione di parti nuove, una sensibile diminuzione nella sezione utile di resistenza nel pilone.

Venendo ai deterioramenti che si presentano sotto forma di sfaldature, la Commissione credette suo compito, non solo di indagare le cause di tali danni e di determinare quindi il metodo di restauro, ma di ricercare i provvedimenti che valessero a prevenire questi danni. La causa dello sfaldamento e della frattura di un concio di marmo lungo il lembo della sua connessura è generalmente nota, perchè il danno si presenta evidentemente come la conseguenza di un eccessivo concentramento dell'azione del carico lungo la periferia della sezione di resistenza: per questo è norma generale di buona costruzione predisporre i piani di posa dei conci di marmo, o pietra, per modo che il carico si trasmetta dalla parte centrale della sezione alla periferia, il che si ottiene, sia colla diligente lavorazione dei piani di posa, sia col partito di interporre nella parte centrale della sezione una lamina di piombo la quale, collo schiacciarsi per l'azione del carico, si distenda

alla periferia accrescendo così sempre più, e man mano che il carico aumenta col progredire della costruzione, la superficie di resistenza: la zona periferica della sezione di resistenza è inevitabilmente in condizioni meno favorevoli per sopportare la compressione, sia perchè non trova come la parte centrale un contrasto all'azione dello schiacciamento, sia perchè la stessa operazione della lavoratura della superficie esterna del pezzo di marmo, o pietra, molte volte porta l'indebolimento della struttura nella zona immediatamente attigua alla superficie lavorata. La perfezione stessa colla quale si presentano le connessure orizzontali dei vari conci di marmo costituenti la superficie dei piloni sul Duomo può essere considerata come una causa delle sfaldature che si verificano in alcuni punti delle connessure medesime, perchè i due lembi di marmo che strettamente avvicinati costituiscono la connessura, non potendo sotto l'azione di un carico che gradatamente aumenta dal centro alla periferia della sezione del pilone, prestarsi alla benchè minima compressione, vengono a sopportare tutto il carico e quindi si sfaldano. E che realmente avvenga questo graduale aumento del carico alla periferia della sezione non è a dubitare, perchè la massa gravante su tutto il pilone esercita una continua azione di compressione la quale, disgregando sempre più i maggiori punti di contatto fra i vari piani di posa, tende a diminuire nel nucleo del pilone l'altezza delle connessure e questa diminuzione o schiacciamento delle commessure verso l'interno è tanto più facile inquantochè la malta stessa che è impiegata nei piani di posa per regolarne la superficie, è soggetta a disgregarsi non solo per l'azione della compressione, ma altresì per l'azione della decomposizione dovuta agli agenti atmosferici. Questo effetto del concentramento del peso lungo la periferia della sezione di resistenza, trova nel caso dei piloni del Duomo una circostanza particolare favorevolissima a tradursi in uno sfaldamento o slabbratura degli spigoli formanti la commessura, per il fatto della già menzionata struttura speciale del marmo, decisamente spatica, con piani di sfaldamento formanti un angolo diedro di 105°: imperocchè, trovandosi i piani di posa orizzontali di un concio di marmo a corrispondere, per la facilità della lavoratura, a due piani di sfaldamento, il piano verticale destinato a

formare la superficie esterna del concio stesso non può trovarsi nella serie dei piani di sfaldamento trasversali, ma forma con questi degli angoli di 15°: la lavorazione della faccia esterna del concio viene quindi a troncare questi strati inclinati, lasciandone una parte incompleta, la quale, sotto l'azione del carico, non trova ad opporre una resistenza e si stacca secondo la direzione dello sfaldamento; ciò è confermato dal fatto dello stato di buona conservazione che si riscontra quasi sempre nel piano di rottura.

Il rimedio più efficace contro questa tendenza allo slabbramento sarebbe il partito di allargare le commessure sino ad una certa profondità, lavorando a piano inclinato le faccie di posa dei due conci che formano la commessura: ma nel caso pratico dei piloni del Duomo venne da qualche membro della Commissione sollevata la obbiezione che la perfetta lavorazione delle commessure adottata dai primi architetti, mirava a formare la maggior continuità possibile nella superficie marmorea dei piloni, allo scopo di impedire che la umidità dell'atmosfera, la quale nelle navate del Duomo si trova in condizioni particolari, (Allegato E) avesse ad agire all'interno del pilone, e cioè sul sarizzo; la operazione di allargare le commessure potrebbe quindi menomare la difesa contro gli agenti atmosferici che la superficie marmorea offre alla costituzione del nucleo interno. Di fronte a queste considerazioni che, mettendo in chiaro la causa principale degli sfaldamenti, ne scemano la gravità dal punto di vista della stabilità del pilone, la Commissione non poteva a meno di riaffermare il parere che le operazioni di restauro per queste sfaldature fossero limitate ai soli casi più gravi, o piuttosto più estesi, quelli cioè nei quali la sfaldatura abbia prodotto nella superficie del pilone una discontinuità troppo appariscente e quindi disaggradevole, lasciando invece le sfaldature minori, che vanno considerate come il risultato del distacco di una piccola parte del concio di marmo la quale non ha potuto entrare in funzione nel riparto del carico su tutta la sezione di resistenza.

A questo punto la Commissione poteva ritenere di avere esaurito il compito che le era stato affidato, mediante le due conclusioni più essenziali, e cioè: constatata condizione normale dei piloni, e ponderata

limitazione delle opere di restauro nei medesimi, ai soli casi veramente necessarii ed indispensabili; ma perchè questa limitazione potesse essere in qualche modo precisata, e perchè fossero meglio determinati i criterii coi quali si dovrà in avvenire procedere all'operazione di restauro, la Commissione fu di avviso che qualcuno dei membri avesse a compiere delle prove di tassellature, approfittando così delle nozioni che potevano essere fornite da maestri d'arte addetti alla fabbrica, come l'incarico ministeriale aveva accennato. (Vedi Appendice.)

Dopo ciò parve alla Commissione fosse prematuro il riassumere tutte le conclusioni degli studi fatti in norme da prescrivere categoricamente pei futuri lavori di restauro, e di fronte alla circostanza che nei piloni del retrocoro si presenta la necessità di qualche opera di restauro alla superficie marmorea, stimò opportuno che la Direzione dei lavori del Duomo, inspirandosi alle idee esposte in questa Relazione, avesse a sottoporre alla Commissione stessa lo stato attuale dei piloni e la proposta dei lavori che, in relazione a tale stato, la Direzione giudicasse necessarii, per modo da avere così argomento di constatare la esatta applicazione dei concetti che la Commissione ha formulato.

Il Relatore
LUCA BELTRAMI.

NOTE.

1.ª Il Padre Giuseppe Ruggero Boscovich d. C. d. G., lettore di matematica nella Università di Pavia venne, nell'agosto del 1764, invitato dal Capitolo della Fabbrica del Duomo ad esaminare il progetto della guglia maggiore ideato dall'architetto Francesco Croce, e ad esporre il suo parere " intorno alla solidità della medesima guglia, sì presa in sè stessa, che rispetto al restante " del tempio avendo l'architetto medesimo desiderato che prima di por mano all'opera si sen- " tissero le riflessioni di varii Matematici e Periti „.

In mezzo alle diffuse considerazioni teoriche sulle quali si fonda il parere dato dal Padre Boscovich, non troviamo che queste poche notizie riguardo al carico complessivo gravante i quattro piloni reggenti il tiburio. " Ogni pilastrone ha una base che equivale ad un circolo di " 5 braccia di diametro ed è alto più di 51 braccia fino all'imposta de' grandi arconi. Questo " pilastrone porta alquanto più di 1000 braccia cube di mole che essendo di marmo danno " 800,000 libre e ciascuno sostiene prima d'arrivare alla cupula tra arconi, muraglioni superiori " e velette triangolari di masso vivo, e superiori piramidi piucchè il doppio di sè stesso, cosa " che fa andare a più di 12 doppi le 800,000 libre e va a 10 milioni Quindi per quello che " appartiene al puro peso, si vede chiaro che rispetto ai fondamenti e alla prima delle quattro " considerate contignazioni la guglia non aggiunge un peso sensibile. Essa da sè non ha che " 200 mila libre, e cogli ornati contigui 240 mila, mentre al disotto vi sono più di 14 milioni: " non aggiunge che al più una sessantesima parte del tutto. „

Questo passo basta a mostrare come a quell'epoca non sia stato fatto alcun studio sulla resistenza effettiva dei piloni, e come il carico della gran guglia fosse considerato come un aumento di peso insignificante.

2.ª Il rapporto col quale l'architetto Pestagalli nell'agosto 1843 presentava alla Amministrazione della Fabbrica il gugliotto da lui progettato, calcolava altresì la resistenza dei costoloni delle volte e veniva a questo risultato: " Ora sul dato già sopra indicato della resistenza del " marmo in ragione di Kilog. 687 per ogni cent. quadrato di superficie compressa, essendo la " base di ognuno dei suddetti costoloni di centim. 3600, il peso che ciascun di essi potrebbe reg- " gere senza pericolo di rottura o di schiacciamento sarebbe di Kilog. 2,473,200, cioè più che " *sedici volte* quel medesimo che vi sovrasta effettivamente, calcolato anche l'aumento operabile " della maggiore massa del guglione. „

3.ª Fu specialmente il sac. Luigi Nicora, canonico della Metropolitana, quegli che concretò delle obbiezioni riguardo ai lavori di restauro che si eseguivano ai piloni del Duomo; in un foglio a stampa in data del 20 marzo 1888, egli, giudicando che la sostituzione di conci nuovi di marmo a quelli slabbrati o sfaldati, costituiva una effettiva diminuzione di resistenza nei piloni, concludeva specialmente col raccomandare che si ricorresse ancora al cemento, applicato cogli opportuni provvedimenti, per rimediare ai piccoli danni della slabbratura e delle sfaldature.

4.ª Era naturale che la catastrofe avvenuta nel Duomo di Siviglia al 1° agosto del 1888, richiamasse particolarmente l' attenzione della Commissione, trattandosi dello sfasciamento di uno dei quattro piloni centrali di una costruzione di stile gotico, che si può ritenere coeva col nostro Duomo. Ma lo studio delle condizioni statiche della cattedrale di Siviglia e delle cause che produssero la rovina del pilone, non ha fornito alcun elemento di raffronto col nostro Duomo: infatti si tratta di un pilone costrutto nel XV secolo, e che fin dai primi anni del secolo XVI si trovava in cattivissime condizioni statiche, sia per la mediocre qualità della pietra impiegata, sia per infiltrazioni d'acqua dalle volte: tanto che nel 1511 crollava trascinando con sè il tiburio e tre arcate.

La cattedrale venne riparata subito in pochi anni, e giunse sino a noi con tutta la apparenza di una perfetta solidità. In seguito ad alcune scosse di terremoto avvenute negli anni 1882 e 1884, si iniziarono delle opere di restauro, e pare che la rovina avvenuta si debba in parte agli spostamenti di carico prodotti da tali opere. Si constatò in quella circostanza che il materiale impiegato nell' interno del pilone nella parte inferiore, quella cioè che non era stata rifatta al principio del secolo XVI, era tutto disgregato. Dal che risulta come ben diverse siano le condizioni di stabilità dei piloni del Duomo di Milano, sia rispetto ai mattoni impiegati, che rispetto ai carichi cui si trovano soggetti, e come le cause della rovina del Duomo di Siviglia non possono avere alcun riferimento col nostro Duomo. Non sarà inutile ricordare fra i varii scritti pubblicati sulla catastrofe della Cattedrale di Siviglia, lo studio pubblicato nel Volume VII delle *Transactions of the Royal Institute of British Architects*, dall' architetto Somers Clarke, contenente un raffronto fra i piloni di Siviglia, e quelli del Duomo di Milano; il quale raffronto però si basava sopra alcune inesattezze di dati, che volli rettificare nel Volume VIII delle stesse *Transactions*.

ALLEGATI.

ALLEGATO A.

OGGETTO: DUOMO DI MILANO

RESTAURO DEI PILONI.

Risposta alla Nota 3 agosto 1888, N.° 16282, Div. 4.ª

Illustrissimo Signor

PREFETTO DELLA PROVINCIA DI MILANO

Presidente della Commissione Conservatrice dei Monumenti.

Non ho potuto esaurire più sollecitamente l'argomento della inserzione di pezzi di marmo in sostituzione di parti deteriorate nei piloni del Duomo, avendo dovuto attendere la opportunità di osservare sul posto il procedimento tenuto per queste inserzioni, le quali hanno formato oggetto degli appunti contenuti nel foglio a stampa del 20 marzo 1888, che V. S. mi trasmise colla nota contrassegnata.

Gli appunti mossi dal sac. Luigi Nicora in detto foglio a stampa, hanno evidentemente origine in una certa preoccupazione riguardo alle conseguenze future di tale operazione. In linea generale è certo che la sostituzione di parti nuove nella zona periferica dei piloni del Duomo, in marmo di Candoglia, non può migliorare le condizioni statiche dei piloni, giacchè le parti nuove, col loro moltiplicarsi, tendono a formare una nuova zona affatto indipendente dal nocciolo centrale del pilone stesso, il quale, come è noto, è in *sarizzo*. Ora la zona periferica, in marmo, quale venne ideata dai primi costruttori, non aveva solo la funzione di difendere la parte interna del pilone e di formarne l'abbellimento, *ma era destinata a concorrere effettivamente a portare una parte del peso non indifferente di cui è gravato il pilone:* e le lesioni che si manifestano in tale rive-

stimento, concorrono a mettere in evidenza la importante funzione statica che è riservata a questa parte perimetrale del pilone. Ciò stabilito, il rinnovamento parziale di questi pezzi di marmo, viene a menomare la funzione statica alla quale è chiamata la zona periferica, giacchè è indubitato che le parti rinnovate — per quanto sia grande la cura nel farne la inserzione — non possono costituire un elemento attivo di sostegno, limitandosi ad essere semplicemente un'opera di rivestimento nello stretto significato della parola. Infatti, perchè queste parti nuove abbiano a portare realmente la loro parte di peso, sarebbe necessario che nella rimanente parte della stessa sezione del pilone sopravvenisse un ulteriore schiacciamento, anche in piccolissima misura di modo che il nuovo pezzo di marmo avesse ad entrare in funzione come elemento statico.

Ne risulta quindi che di fronte al deterioramento dei pezzi marmorei alla superficie dei piloni il provvedimento da adottare deve tendere a diminuire quanto è possibile la condizione sfavorevole di semplice rivestimento che è riservata ai nuovi pezzi che si vanno sostituendo: per questo è di somma importanza lo stabilire, volta per volta, se un pezzo debba essere rinnovato o no, in base alle vere condizioni del deterioramento subíto. Se si tratta di una lesione la quale abbia realmente compromessa la funzione statica del pezzo, per modo che questo in tutto, o anche in parte, non si trovi più incorporato alla massa del pilone, in tal caso il sostituire quel pezzo con un pezzo nuovo, migliora le condizioni del rivestimento senza peggiorare per sè stesso le condizioni statiche del pilone: la stessa entità della lesione però impone la necessità di spingere il più addentro possibile la rinnovazione del pezzo, facendone una sostituzione integrale e completa ogniqualvolta ciò sia possibile; così non rimarrebbero traccie materiali delle rinnovazioni avvenute nella parte di rivestimento, mentre, col rinnovare solo una parte del pezzo danneggiato, si va sempre aumentando il numero dei pezzi che compongono il rivestimento, diminuendo poco a poco la media del volume dei singoli pezzi impiegati.

Se invece si tratta di una lesione la quale non fa che scomporre un pezzo di marmo in due o più parti, le quali si trovino tuttavia in condizione di poter ripartirsi il peso corrispondente al pezzo originariamente intero, la lesione stessa non dovrebbe per sè stessa allarmare troppo, nè provocare senz'altro il provvedimento di sostituire il pezzo, giacchè tale lesione non avrebbe alcuna grave conseguenza dal momento che avrebbe servito a trasmettere e distribuire ai pezzi vicini quella parte eccedente di peso che ha provocato la lesione, avvenuta la quale il pezzo leso viene a trovarsi in condizioni normali di carico. Per varie lesioni quindi potrebbe essere evitata la sostituzione parziale del pezzo, considerando che sarà sempre preferibile, dal lato statico, il pezzo originario ridotto a due parti fra loro indipendenti, ma intimamente connesse alla massa del pi-

lone, anzichè il pezzo originario ridotto in dimensioni e completato con una parte nuova, affatto indipendente dalla massa del pilone. Per le lesioni più gravi però occorrerebbe sempre studiare la possibilità o la opportunità di adottare la rinnovazione completa del pezzo.

Tutto ciò può essere ammesso, come si disse, in linea generale e direi quasi teorica, poichè all'atto pratico le lesioni non si possono classificare nettamente in queste due categorie distinte, di lesioni gravi, e di lesioni non compromettenti la solidità: con tutto ciò non sarebbe vano il tentare di ridurre ogni singolo caso a queste due categorie, giacchè si potrebbe averne il criterio, sia per risparmiare appena ciò sia possibile, le rinnovazioni, riducendone il numero, sia per stabilire nel caso di una rinnovazione, la estensione di questa. Mantenendosi il lavoro di restauro in questi limiti, si può sperare di evitare, o per lo meno di ritardare il più possibile, la grave conseguenza che forma la preoccupazione principale dell'autore degli appunti, quella della progressiva trasformazione dell'attuale rivestimento organico e statico dei piloni, in un rivestimento puramente decorativo appicciccato alla massa del pilone, e per sè stesso affatto inerte come elemento statico.

Venendo ora a considerazioni dirette sul metodo adottato nel fare la sostituzione dei pezzi, dirò che la operazione, per quanto mi risulta dalle osservazioni fatte sul posto, viene eseguita con cura e diligenza: non ho elementi per giudicare se i criteri coi quali si determina se un pezzo sia da sostituire e in quale misura, siano pienamente opportuni, giacchè per questo occorrerebbe di studiare l'opera della sostituzione anche nella prima sua fase, quella della scelta dei pezzi da rinnovare, il che sarebbe possibile solo in seguito ad un incarico diretto e specificato di studiare l'argomento d'accordo colla Direzione dei lavori del Duomo e quindi con tutti gli elementi necessari per pronunciare un giudizio formale e completo sopra un argomento così importante. E certo, la divergenza di criteri direttivi nei metodi adottati pel restauro dei piloni dai precedenti architetti, merita di essere analizzata colla scorta di tutti gli elementi di fatto che si possono consultare in proposito, allo scopo di poter dare un giudizio sulla bontà o meno dei vecchi restauri già eseguiti. E questa necessità di far concorrere nel giudizio gli effetti e i risultati dei precedenti restauri, mi suggerisce di proporre che ognuno dei pezzi di marmo che si va mettendo in opera, abbia a portare incisa la data del restauro e un numero d'ordine che serva a registrare ogni singolo restauro, colla indicazione delle dimensioni di ogni pezzo sostituito, dimodochè in qualsiasi epoca avvenire sia possibile riconoscere tutti i restauri precedenti e l'entità dei medesimi. Trascurandosi tale provvedimento potrà avvenire che si abbia, col succedersi e col sovrapporsi dei restauri, a modificare la struttura di alcune parti del pilone, senza poter valutare le conseguenze di questa graduale e

progressiva trasformazione nel rivestimento marmoreo. Il registro dei restauri, stabilito per ogni pilone, colla indicazione grafica dei vari pezzi e della loro posizione, potrà costituire un complesso di dati e notizie molto utile per studiare altresì le cause generali e le accidentalità del deterioramento nei pezzi di rivestimento, il che non sarà certo possibile, finchè dei vari rappezzi che di anno in anno si vanno compiendo, e che si cerca appunto di dissimulare tinteggiando leggiermente la superficie dei pezzi nuovi per raccordarli coi vecchi, non si terrà apposita nota.

Con ciò credo di avere, nei limiti che mi furono possibili, soddisfatto all'incarico ricevuto.

Di V. S. devotissimo

Il R. Delegato pei Monumenti della Lombardia

Arch. Luca Beltrami.

Milano, 30 novembre 1888.

Allegato B.

IL MINISTRO DELLA PUBBLICA ISTRUZIONE

Considerando, che nella Cattedrale di Milano sono in corso d'esecuzione lavori di restauro al rivestimento marmoreo dei piloni;

Considerando che, mentre valentissimi architetti ed artisti reputano conveniente il metodo attualmente adoperato in tali lavori, altri lo credono dannoso alla stabilità dell'edificio;

Considerando, che per la grande importanza artistica e storica del suddetto Duomo è assolutamente necessario, che una questione così grave sia del tutto chiarita e risolta;

DECRETA:

Art. 1.°

È nominata una Commissione coll'incarico di studiare, se il metodo presentemente seguito nel restauro al rivestimento marmoreo dei piloni del Duomo di Milano, ne possa compromettere la stabilità;

Art. 2.°

Tale Commissione è composta dai signori:

Cav. Prof. Architetto Luca Beltrami, R. Delegato per la conservazione dei Monumenti della Lombardia, Membro della Commissione permanente di Belle Arti;

Cav. Ing. Paolo Cesa Bianchi, Architetto della Veneranda Fabbrica della Cattedrale di Milano;

Comm. Arch. Augusto Guidini, Membro della Commissione conservatrice dei Monumenti ed oggetti d'arte della Provincia di Milano;

Cav. Luigi Tazzini, Agente della Veneranda Fabbrica;

Cav. Ing. Arch. Giovanni Cerruti, Membro della Commissione conservatrice dei Monumenti ed oggetti d'arte della Provincia di Milano;

Comm. Prof. Ing. Giuseppe Colombo, Deputato al Parlamento Nazionale;

Art. 3.°

La Commissione dovrà, prima di prendere una definitiva deliberazione, sentire i maestri d'opera più provetti nella Fabbrica del Duomo, per avere da essi i necessari schiarimenti di fatto.

Roma, 6 settembre 1890.

Il Ministro

BOSELLI.

La Commissione, costituitasi nel novembre del 1890, chiamava alle funzioni di Segretario il Sig. Ing. Luigi Bernascone, assistente presso il R. Istituto Tecnico Superiore di Milano.

R. ISTITUTO TECNICO SUPERIORE
DI MILANO

GABINETTO DI COSTRUZIONI.

L'onorevole Commissione d'inchiesta sui ristauri del Duomo di Milano, con lettera in data del 10 dicembre 1890, incaricava il sottoscritto prof. Antonio Sayno, direttore del Gabinetto di costruzioni annesso a questo R. Istituto, di determinare i moduli di rottura rispetto alla compressione di alcuni pezzi di sarizzo e di mattone, i quali materiali erano già stati impiegati nella costruzione della Cattedrale milanese, e di diversi pezzi di marmo di Candoglia provenienti, in parte, direttamente dalle cave, e in parte da pezzi di scambio, già in opera nella detta costruzione.

I pezzi da sperimentare furono consegnati al sottoscritto, sotto forma approssimata di cubetti, aventi il lato di circa millimetri cinquanta, i quali vennero nuovamente lavorati allo scopo di rendere le loro facce perfettamente piane e parallele.

I cubetti essiccati completamente e conservati in un ambiente privo di umidità, vennero in seguito assoggettati ad una pressione crescente per gradi e uniformemente distribuita sulle naturali facce di posa, finchè si manifestarono due od al più tre incrinature capillari sulle facce laterali libere.

Notata la pressione corrispondente a questo primo stadio di prova, si continuò il graduale incremento della pressione finchè si ottenne quella marcata disaggregazione dei pezzi che è immediatamente seguita dallo schiacciamento finale. La durata di ogni esperienza fu in media di 45′ pei mattoni e di 65′ pei sarizzi e i marmi.

I dati ed i risultati delle prove fatte si trovano trascritti nelle annesse tabelle, segnate A, B, C, D, le quali si riferiscono rispettivamente ai mattoni, al sarizzo, al marmo di Candoglia proveniente dai pezzi di scambio e allo stesso materiale estratto direttamente dalle cave.

Osservazione ai risultati della tabella A.

Il peso dei cubetti di mattone sperimentati oscilla di pochi chilogrammi intorno alla media di Chilog. 1744 per metro cubo; e così le variazioni delle resistenze nel I° e nel II° stadio delle prove poco differiscono rispettivamente dalle medie di Chilog. 1,071 e Chilog, 1,791 per mill.^{2} di base compressa. Il rapporto di questa resistenza è:

$$\frac{1,071}{1,791} = 0,598,$$

il quale corrisponde, in media ai risultati che si ottengono con gli attuali laterizi forti, fabbricati a mano ed a macchina.

Le piccole cavernosità che si sono riscontrate nei detriti dei cubetti rotti per compressione, hanno dimostrato che l'impasto dell' argilla adoperata per la loro formazione, venne fatto con poca diligenza. La resistenza media alla rottura per schiacciamento di Chilog. 1,791 per mill.^{2} di base compressa risulta inferiore a quella che il sottoscritto ebbe a constatare più volte in confronto di laterizi forti fabbricati di recente a mano ed a macchina, in diverse fornaci del milanese, pei quali sopra numerose prove si ebbe una resistenza media, superiore a Chilog. 2,50 per mill.^{2}

Osservazione ai risultati della tabella B.

Si tratta di un materiale il quale ha una contessitura non omogenea e variabile da pezzo a pezzo nei rapporti dei componenti. — Sembra al sottoscritto che i risultati alquanto discordanti tra loro che presentano le 16 prove fatte con questa pietra naturale, si debbano attribuire alle cause indicate più che alle variazioni nella densità dei cubetti, la quale riferita al m.^{3}, di poco oscilla intorno al valore medio di Chilog. 2580.

Le resistenze dei cubetti in corrispondenza del I° stadio delle esperienze, offrono delle differenze fra loro sensibili, che si possono facilmente spiegare come prodotte dai difetti di omogenità ed anche da apparenti deterioramenti nella struttura di qualche pezzo: queste differenze diventano in generale meno importanti, quando si raggiunge la pressione che produce lo schiacciamento. I valori medii delle resistenze nei due stadii, riferite al mill.^{2} di base premuta, sono rispettivamente di Chilog. 5,269 e Chilog. 6,657. Per quanto consta al sottoscritto, la resi-

stenza media allo sciacciamento che offre questo materiale, gareggia con quello dei graniti, dei quali soltanto quelli di Balma, Alzo e Chiavenna superano i Chilog, 7,00 per mill.^{2} e possono anche raggiungere Chilog. 8,50.

Riguardo ai sarizzi sperimentati, è degno di nota il fatto che la manifestazione delle prime incrinature superficiali avviene sotto una pressione la quale è molto vicina a quella che produce lo schiacciamento finale, mentre che pei graniti il rapporto delle due resistenze al I° ed al II° stadio delle esperienze è molto più discosto dell'unità. Pei sarizzi sperimentati il detto rapporto è:

$$\frac{5,269}{6,657} = 0,791,$$

e per i graniti, secondo la media delle esperienze del prof. Clericetti, questo rapporto si riduce a:

$$0,4225.$$

Osservazione ai risultati delle tabelle C, D.

Per quanto riguarda il marmo di Candoglia si osserva che i pesi specifici dei cubetti sperimentati sono poco differenti fra loro: questo peso medio per gli undici cubetti della tabella C è di Chilog. 2686 al mill.^{3} e per i sei cubetti della tabella D, di Chilog. 2685. Anche le resistenze medie al I° ed al II° stadio delle prove fatte con questi materiali risultano pressochè uguali per le due tabelle indicate, essendo rispettivamente queste resistenze al mill.^{2}:

per la tabella C, di Chilog. 5,126; Chilog. 6,929 e
" " " D, " 5,121; " 6,898.

Da questi risultati si può, in generale, trarre la conseguenza che il colore dei cubetti sperimentati, e l'esser questi provenienti direttamente dalle cave piuttosto che da pezzi di scambio, non sono condizioni che possono influire in modo distinto sul valore delle dette resistenze, le quali per le sole prove 23, 24, della tabella C, hanno dato dei minimi che si scostano sensibilmente dagli altri valori corrispondenti, in causa della lavorazione irregolare delle facce di posa, le quali non furono rettificate come si è fatto per gli altri cubetti.

Se ora si confrontano fra loro i risultati delle medie dei pesi e delle resistenze che si riferiscono ai cubetti di sarizzo e di marmo di Candoglia, si trova

che questi materiali, per quanto riguarda le proprietà specifiche indicate, sono pressochè equivalenti, come risulta dalla tabella che segue:

Qualità del Materiale	Peso al m.—³	Resistenzè		Osservazioni
		I.° stadio	II° stadio	
Marmo di Candoglia direttamente estratto dalle cave .	Kg. 2685	Kg. 5,121	Kg. 6,898	Esperienze N.° 17.
Marmo di Candoglia già in opera.	„ 2686	„ 5,126	„ 6,929	
Sarizzo.	„ 2580	„ 5,269	„ 6,657	Esperienze N.° 16.

Tabella A.

Mattoni.

Numero d'ordine delle prove	Marca dei pezzi	Dimensione dei Cubetti		Peso allo stato di secch.ª		Resistenza per mill.—²		Osservazioni
		Base	Altezza	dei pezzi	riferito al m.—³	all'apparire delle prime incrinat.	allo schiacciamento	
		m. m.	m. m.	kg.	kg.	kg.	kg.	
1	A²	50,1×50,7	51,0	0,2244	1739	1,013	1,950	
2	A³	50,1×51,0	50,1	0,2231	1746	0,975	1,657	presenta uno spigolo smussato e delle cavernosità sulle faccie di posa.
3	A⁵	50,6×50,4	50,5	0,2234	1736	1,004	1,930	
4	A⁷	49,9×50,5	50,8	0,2250	1758	1,199	1,784	
5	A⁸	51,0×51,0	50,7	0,2296	1754	1,127	1,757	
6	A¹⁰	50,4×50,7	50,7	0,2225	1747	1,107	1,670	presenta delle marcate cavernosità, come sopra.

Tabella B.

Sarizzo.

Numero d'ordine delle prove	Marca dei pezzi	Dimensioni dei Cubetti		Peso allo stato di secch.a		Resistenza al mill.-2		OSSERVAZIONI
		Base	Altezza	dei pezzi	riferito al m.-3	all'apparire delle prime incrinature	allo schiacciamento	
		m. m.	m. m.	kg.	kg.	kg.	kg.	
7	L	52,1 × 52,4	50,4	0,3479	2567	6,181	6,947	
8	C	51,5 × 52,6	51,0	0,3588	2564	3,735	5,523	presenta una forte striatura di mica in corrispondenza della quale si è iniziata la rottura
9	C	51,5 × 51,8	50,7	0,3505	2627	7,561	7,673	
10	L	51,5 × 51,4	50,9	0,3428	2532	4,416	6,506	presenta una piccola cavernosità ed una striatura sentita di mica ocracea in una faccia, ove si è iniziata la rottura.
11	L	51,9 × 53,0	50,6	0,3593	2599	6,352	7,105	
12	C	51,5 × 50,8	51,8	0,3526	2620	—	7,463	lo schiacciamento si è manifestato ad un tratto senza apparenti indizi di incrinature preventive.
13	L	51,7 × 51,8	50,8	0,3500	2576	3,157	5,552	struttura irregolarissima.
14	L	52,0 × 52,1	50,5	0,3554	2595	6,515	7,805	
15	L	51,9 × 51,1	51,8	0,3521	2548	5,328	6,827	
16	L	52,3 × 51,8	50,2	0,3493	2576	5,002	6,451	
17	L	52,1 × 51,8	51,0	0,3523	2545	5,284	6,857	
18	C	51,6 × 51,5	50,9	0,3530	2612	5,712	7,402	
19	L	51,9 × 52,2	50,3	0,3564	2597	4,907	5,516	rottura iniziata in corrispondenza di una striatura di mica.
20	L	52,2 × 52,7	51,5	0,3623	2533	5,007	6,776	
21	C	52,2 × 51,4	51,4	0,3575	2612	5,348	7,095	
22	L	51,6 × 51,8	50,9	0,3440	2569	4,535	5,023	struttura molto irregolare con forti striature di mica.

Tabella C.

Marmo di Candoglia (già in opera).

Numero d'ordine delle prove	Marca dei pezzi	Dimensione dei Cubetti		Peso allo stato di secch.a		Resistenza per mill.—2		OSSERVAZIONI
		Base	Altezza	dei pezzi	riferito al m. —3	all'apparire delle prime incrinature	allo schiacciamento	
		m. m.	m. m	kg.	kg.	kg.	kg.	
23	A	51,9×53,6	50,5	0,3734	2674	2,556	5,948	le faccie di posa erano grossolanamente lavorate.
24	A	52,9×53,6	50,9	0,3832	2675	3,020	5,476	le faccie di posa erano grossolanamente lavorate.
25	A_1	53,3×52,0	50,6	0,3726	2679	6,380	7,205	
26	A_1	51,6×53,5	50,1	0,3739	2698	6,284	7,107	
27	B	52,7×53,2	50,1	0,3798	2704	5,950	7,141	
28	B	52,1×53,2	50,0	0,3707	2700	4,956	7,219	
29	B_1	53,0×52,4	49,6	0,3632	2677	6,184	7,009	
30	B_1	52,0×52,4	49,3	0,3513	2704	5,952	7,712	
31	C	51,0×50,9	50,0	0,3567	2687	5,571	7,222	
32	C	52,9×50,4	50,0	0,3620	2681	4,313	6,355	su di una faccia laterale è stata rimarcata una venatura cenere-gialla, in corrispondenza della quale si iniziò la rottura.
33	C_1	51,0×52,0	49,6	0,3469	2673	5,223	7,835	

Tabella D.

Marmo di Candoglia (provenienza diretta dalle cave).

Numero d'ordine delle prove	Marca dei pezzi	Dimensioni dei Cubetti		Peso allo stato di secch.a		Resistenza per mill.—2		OSSERVAZIONI
		Base	Altezza	dei pezzi	riferito al m —3	all'apparire delle prime incrinature	allo schiacciamento	
		m. m.	m. m.	kg.	kg	kg.	kg.	
34	D	51,1×52,2	50,7	0,3608	2663	5,656	7,154	
35	D	52,6×52,0	50,4	0,3678	2717	5,189	7,281	
36	E	52,0×51,4	50,6	0,3610	2661	4,388	7,077	
37	E	51,5×52,0	50,1	0,3651	2695	5,121	7,056	
38	F	51,6×51,6	50,6	0,3690	2678	4,875	6,101	
39	F	52,5×52,0	51,1	0,3727	2694	5,496	6,720	

Tanto il sottoscritto ha l'onore di riferire in adempimento del mandato ricevuto.

Milano, li 4 maggio 1891.

Il Professore

Ing. A. SAYNO.

ONOREVOLE COMMISSIONE MINISTERIALE

PEI

RISTAURI DEI PILONI DEL DUOMO DI MILANO.

Invitato da codesta onorevole Commissione a studiare i caratteri fisici e chimici dei materiali componenti i piloni del Duomo di Milano, ho fermato l'attenzione sul marmo che costituisce l'involucro esterno, perchè tale materiale presenta i maggiori guasti e richiede più frequentemente l'opera di ristauro. Il nucleo interno dei piloni è formato di serizzo, in ottimo stato di conservazione, e perciò di questo materiale non occorre parlarne.

I. Natura del marmo. — Il marmo del Duomo di Milano proviene dalle cave di Candoglia, poste al principio della valle della Tocc. È un calcare saccaroide, compatto, abbastanza puro, accompagnato spesso da minerali accidentali, disseminati nella massa marmorea, in modo che si distinguono bene anche ad occhio nudo. Fra i minerali accidentali dominano: la pirite, colle relative varietà; la calcopirite, quindi: anfibolo, tormalina, magnetite, oligisto, clorite, mica, ecc. Piccola quantità di carbonato di litio si trova diffuso in tutta la massa calcarea, in quantità sufficiente per colorire una fiamma in rosso vivo.

La pirite è frequente, copiosa in cristalli granulari; non di rado trovasi associata colla calcopirite ed arseniopirite. Questi solfuri, sotto l'azione dell'acqua, dell'aria e dell'anidride carbonica, tendono ad ossidarsi per ridursi in solfati. Per tale lavoro si disgregano e rendono meno consistente il marmo circostante.

L'anfibolite, ora verdastra, ora nera, è pure frequente ed abbondante nel marmo del Duomo. Essa, colla tormalina e la magnetite, forma quelle strisce o zone, ora nerastre, ora grigie, tanto frequenti nei rivestimenti del Duomo. Anche questi minerali si alterano sotto l'azione degli agenti naturali e, mentre si sciolgono e disgregano, contribuiscono a diminuire la resistenza del marmo.

II. Struttura. — Il marmo del Duomo è un calcare saccaroide, compatto, di colore vario dal bianco candido, al roseo, al grigio zonato in nero. La struttura varia moltissimo. Dalla forma saccaroide a grana fina passa insensibilmente alla struttura largamente lamellare, quindi fa passaggio al marmo decisamente cristallino e spatico. Qualche volta i cristalli romboedrici della calcite si presentano molto sviluppati, con dimensioni di qualche centimetro e coi relativi piani di sfaldatura ben determinati. Ciò risulta dall'ispezione del marmo in opera e dallo studio dei frammenti ottenuti nei ristauri. Un pezzo di marmo a struttura decisamente spatica fu levato dal pilone del pulpito a mezzogiorno. Tale esemplare trovasi ora nella raccolta del Civico Museo di Storia naturale di Milano.

Nei marmi saccaroidi comuni non si scorgono facilmente i piani di sfaldatura; tuttavia la loro esistenza si mette in evidenza coll'esame microscopico delle sezioni sottili. — In questi casi però le linee di sfaldatura non si presentano sempre regolari e continue; anzi si verifica spesso un intreccio di cristalli, indizio di meno regolare cristallizzazione. Infine i piani di sfaldatura tendono a scomparire quanto più il marmo assume struttura irregolare od amorfa.

Dai fatti sopra esposti, è ovvio concludere che la sfaldatura è tanto più facile nel marmo, quanto più perfetta è la sua cristallizzazione.

Ora ricordo che i piani di sfaldatura sono piani di facile rottura.

In conseguenza si può concludere che la rottura del marmo sarà tanto più facile, quanto più cristallina sarà la sua struttura, ossia quanto più il marmo tenderà alla struttura spatica.

III. Proprietà fisiche diverse del marmo del duomo. — Il peso specifico è 2,723, e si mantiene quasi costante.

La conducibilità termica non è conosciuta. È noto però che i marmi sono tutti cattivi conduttori del calorico, specialmente quando non sono grandi le variazioni di temperatura, come verificasi nell'interno del Duomo. Infatti da una serie di osservazioni eseguite durante l'anno 1891, risulta che la temperatura dell'ambiente interno del Duomo ha raggiunto il minimo di 2° centigradi nel mese di febbraio, ed il massimo di 26° nel mese di luglio, con una variazione di 24°.

Il coefficiente di dilatazione lineare del marmo del Duomo non è conosciuto. Per analogia si può prendere quello del marmo di Carrara, cioè:

per il marmo umido; 0,000012
per il marmo secco; 0,0000065.

Osservo che non sono cifre da prendersi in senso rigoroso, giacchè la calcite presenta sempre due coefficienti di dilatazione diversi fra loro, cioè: uno, secondo l'asse principale; l'altro, secondo le direzioni normali al detto asse. Tuttavia i suddetti coefficienti valgono a provare che le dilatazioni del marmo sono minime, tanto più nel caso concreto del marmo del Duomo, soggetto ad una variazione di temperatura soltanto di 24° centigradi.

Anche lo stato igrometrico dell'ambiente interno del Duomo fu argomento di osservazioni, dal 1 marzo 1891 al 1 marzo 1892. Da tali osservazioni risulta che l'umidità è sempre considerevole; anzi si avvicina quasi sempre al massimo.

Nessun esperimento è stato fatto per conoscere la quantità d'anidride carbonica contenuta nell'ambiente interno del Duomo; tuttavia si può presumere che l'anidride carbonica si trovi abbondante, come prodotto della respirazione delle molte persone che vi convengono.

IV. Stato di conservazione e di deperimento del marmo in opera. — Il marmo impiegato nella costruzione del Duomo è un eccellente materiale, molto resistente sia alla compressione, sia agli agenti atmosferici. Le attitudini costruttive però variano secondo la struttura; anzi da questa ne conseguono pregi e difetti. È noto che diversi pezzi

di marmo dei piloni e del rivestimento del Duomo presentano rotture ed altre avarie da richiedere opere di ristauro.

Le rotture dell'involucro marmoreo esterno dei piloni e quelle di ogni marmo dei muri, si presentano talvolta superficialmente a guisa di scrostatura; tal'altra sono vere slabbrature abbastanza profonde; infine si verificano anche rotture profonde che penetrano tutto il rivestimento marmoreo.

Le slabbrature e le rotture più profonde avvengono quasi sempre in marmi ben cristallizzati e secondo superficie quasi piane, ben conservate, senza alcun segno di alterazione chimica. Le slabbrature, nei piloni, presentano frequentemente la forma a cuneo, indicata colle lettere A B C, nella fig. A.

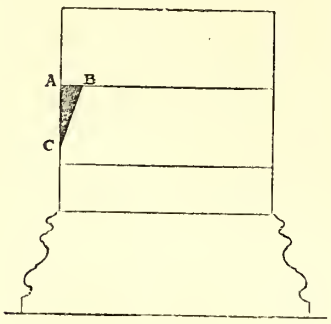


Fig. A.

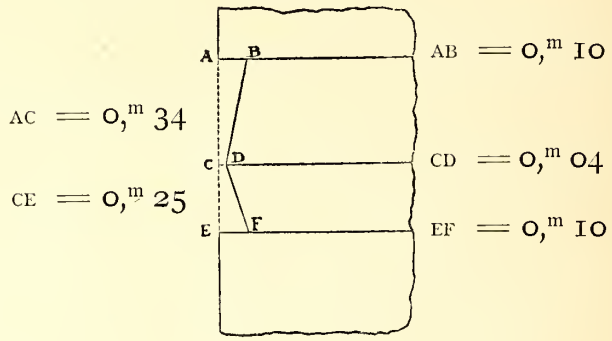


Fig B.

La fig. B rappresenta una duplice slabbratura che si è prodotta quasi in cima del contrafforte interno della facciata del Duomo, contrafforte posto fra la porta principale e quella attigua a mezzogiorno.

I pezzi marmorei staccati per slabbratura sono segnati con le lettere A B C D, e C D E F nella fig. B, colle relative dimensioni.

Il pilone situato davanti alla statua di San Bartolameo, all'altezza di circa 2^m dal suolo, presenta un pezzo di marmo rotto, secondo una linea, che corrisponde ad un piano di sfaldatura. Altre rotture analoghe si riscontrano nel marmo del Duomo. Ad esempio, ricordo: un pezzo di marmo sulla facciata, a sinistra della prima porta settentrionale; le modanature del contrafforte fra la prima e la seconda porta settentrionale; il basamento del contrafforte fra le due porte a mezzogiorno, ecc.

La fig. C, rappresenta il contrafforte fra la porta centrale e la contigua a mezzogiorno. Tale contrafforte presenta una rottura lungo la linea *a, b, c,* ed un'altra, secondo la linea *a', b'*.

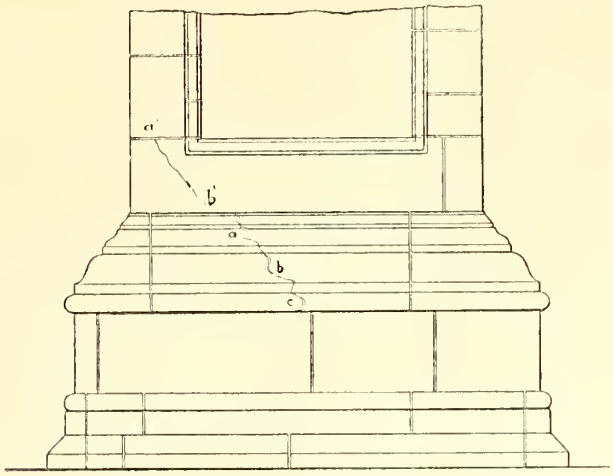


Fig. C.

V. Cause delle rotture dei marmi del duomo. — Cause determinanti le rotture sono il complesso delle forze esterne, ossia il peso e gli agenti meteorici. A queste forze si oppongono le proprietà intrinseche del materiale marmoreo, le quali favoriscono più o meno le rotture.

Ho già rilevato che le rotture si verificano di preferenza in marmi a grana grossa, specialmente in quelli a struttura largamente lamellare, oppure spatica, nei quali marmi i piani di sfaldatura sono più sensibili. Inoltre le rotture si verificano sempre secondo piani, i quali, per la loro inclinazione reciproca e per l'inclinazione col piano della *seda*, richiamano i piani di sfaldatura della calcite.

Questi piani, come è noto, sono inclinati fra loro di 105°. 5'.

Tali fatti inducono ad ammettere che la sfaldatura è causa principale della rottura dei marmi del Duomo.

La dilatazione del marmo, l'umidità che si insinua nei piani di sfaldatura e nei pori, l'anidride carbonica che scioglie il calcare non fanno che aiutare tale lavoro.

Evidentemente anche le forze meccaniche esterne, come: la compressione, le scosse, ecc., agiscono in concomitanza, ma bisogna rite-

nere che non sono cause essenziali. Infatti il marmo del Duomo si rompe, ossia si sfalda, anche per la semplice esposizione all' aria, senza concorso di alcuna forza meccanica esterna.

VI. Ragioni delle slabbrature dei piloni. — Secondo il sopra esposto concetto, ogni pezzo di marmo ben cristallizzato può comprendere tre serie di piani di sfaldatura, precisamente come lo spato calcareo. I piani di sfaldatura determinano un romboedro, fig. D, nel quale le tre faccie A B D C, A C F E, C D G F indicano l'andamento delle tre serie di piani di sfaldatura.

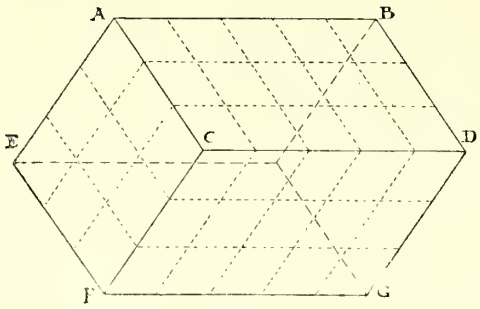


Fig. D.

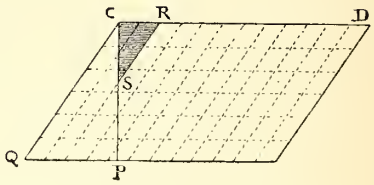


Fig. E.

Posto che la faccia E F G si disponga orizzontalmente, come piano di posa, imaginiamo un taglio verticale e parallelo allo spigolo C D. Tale sezione è rappresentata nella fig. E, dove le linee punteggiate segnano l'andamento di due sistemi di piani di sfaldatura.

Ora, quando un pezzo di marmo si introduce nel rivestimento dei piloni, si lavorano i piani di posa orizzontali secondo la *seda,* e si taglia la faccia vista in modo da ridurla verticale, esportando la porzione C P Q. Evidentemente, operando in tale modo si vengono a troncare gli strati inclinati paralleli alla faccia A C F E, fig. D, onde la porzione di marmo C R S, fig. E, rimane nel pilone, come un tassello appoggiato su di un piano inclinato, e quindi può staccarsi facilmente, tanto più quando la sfaldatura, secondo R S, è molto spiccata.

Queste considerazioni rendono ragione non solo delle slabbrature di cui sopra, ma rendono ragione anche di altre rotture analoghe e

dello stato di buona conservazione, che si riscontra quasi sempre nei piani di rottura.

Ristauri dei piloni fatti con tasselli. — In un pilone (fig. F) consideriamo un pezzo di marmo A B C D del rivestimento, che abbia il piano di posa orizzontale C D, secondo la *seda*. Le punteggiate rappresentano un sistema di piani di sfaldatura. La porzione A C E viene esportata colla lavoratura per ottenere il filo verticale del pilone.

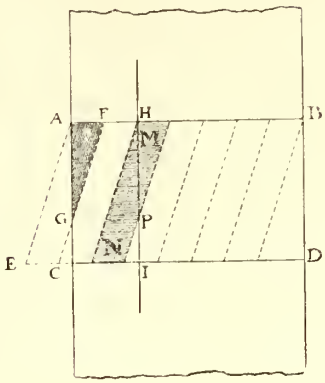


Fig. F.

La slabbratura si produce pel distacco della porzione A F G, che scivola sul piano di sfaldatura F G.

Per fare il ristauro del pilone con tassello, si stacca altro marmo a forza di scalpello, per esempio, sino alla profondità della linea H I; quindi il vano A C H I vien riempito col nuovo tassello marmoreo. Ora, prima che si eseguisse tale operazione, la lamina M N poteva resistere bene alla compressione, perchè appoggiava colla sua base N; invece, dopo, riesce priva di base, creando così per la porzione H M P, nuove condizioni di slabbratura, a danno della solidità.

Il ristauro dei piloni per tasselli può sembrare difettoso, e lo è infatti, quando si tratta di marmi ben cristallizzati e dotati di facile sfaldatura. Tale difetto però diminuisce mano mano, e si riduce quasi a nulla quanto più la struttura del marmo diventa granulare, fina, quasi amorfa. Si può dunque ovviare in gran parte al sopra accennato inconveniente facendo una buona scelta dei materiali marmorei, scartando specialmente quelli ben cristallizzati, perchè più facilmente sfaldabili.

I marmi del Duomo subiscono già una scelta prima d'essere adoperati. I rivestimenti dei piloni, per esempio, sono formati in gran parte con marmo eccellente, a grana fina, e con struttura quasi amorfa; marmo che si trova in opera ben conservato. Con questi materiali si

trovano però intercalati marmi a struttura decisamente cristallina, i quali, mentre sembrano a tutta prima migliori d'ogni altro, pure sono quelli che presentano più spesso rotture, e ciò in conseguenza della loro facile sfaldatura.

Infine concludo che la sfaldatura, insita nel marmo ben cristallizzato, è causa principale delle rotture del marmo del Duomo di Milano, e che una buona scelta del marmo può riuscire di grande giovamento per evitare le scrostature, gli slabbramenti e le rotture. Tale scelta deve essere fatta tenendo conto delle attitudini più o meno grandi che presentano i marmi per la sfaldatura, e cioè la scelta del marmo deve essere fatta in base allo stato fisico di aggregazione, ossia di cristallizzazione.

Milano, gennaio 1893.

Prof. Ing. Molinari Francesco.

ANNOTAZIONI GIORNALIERE

DELLA TEMPERATURA E DELLA UMIDITÀ

NELL'ANNO 1891

ALL' ESTERNO E NELL' INTERNO DEL DUOMO DI MILANO.

ALLEGATO E.

ANNOTAZIONE GIORNALIERA nell'anno 1891 della Temperatura

MESE		GIORNI 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gennajo .	*Esterno .*	+ 1 — 1	+ 4 — 2	+ 4 — 3	+ 3 — 1	+ 3 — 2	+ 1 — 2	+ 1 — 2	+ 2 — 2	+ 2 — 1	+ 3 — 5	+ 1 — 4	+ 2 — 4	+ 3 — 6	+ 1 — 5
	Interno	+ 5 + 5	+ 5 + 5	+ 5 + 5	+ 5 + 5	+ 5 + 5	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 4 + 3	+ 4 + 3	+ 4 + 3
Febbrajo.	*Esterno .*	+ 3 0	+ 8 — 2	+ 8 — 3	+ 5 — 3	+ 7 — 2	0 — 4	+ 2 — 1	+ 6 — 4	+ 5 — 4	+ 5 — 3	+ 7 — 3	+ 6 — 2	+ 3 — 1	+ 10 — 4
	Interno	+ 3 + 2	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½
Marzo . .	*Esterno .*	+ 12 + 5	+ 14 + 5	+ 14 + 6	+ 10 + 2	+ 13 + 3	+ 16 + 7	+ 12 + 8	+ 13 + 8	+ 12 + 8	+ 10 + 7	+ 10 + 3	+ 14 + 5	+ 11 + 5	+ 7 + 5
	Interno	+ 6 + 5	+ 7 + 5	+ 8 + 5½	+ 9 + 5½	+ 9 + 5½	+ 10 + 6	+ 9 + 6½	+ 9 + 6½	+ 9½ + 6½	+ 9½ + 7	+ 10 + 7	+ 10 + 7	+ 10½ + 7	+ 10½ + 7
Aprile . .	*Esterno .*	+ 13 + 2	+ 13 + 4	+ 13 + 5	+ 16 + 9	+ 14 + 6	+ 16 + 8	+ 9 + 5	+ 16 + 6	+ 15 + 8	+ 17 + 6	+ 19 + 9	+ 14 + 5	+ 12 + 6	+ 10 + 6
	Interno	+ 9½ + 8	+ 9½ + 8	+ 9 + 8	+ 9½ + 8	+ 10 + 8½	+ 10 + 8½	+ 10½ + 8½	+ 11 + 8½	+ 11 + 9	+ 11 + 9	+ 11 + 9	+ 11½ + 9	+ 11 + 9½	+ 11 + 9½
Maggio. .	*Esterno .*	+ 24 + 14	+ 23 + 16	+ 24 + 15	+ 24 + 16	+ 23 + 15	+ 23 + 14	+ 17 + 13	+ 17 + 13	+ 19 + 12	+ 16 + 13	+ 19 + 11	+ 26 + 16	+ 28 + 15	+ 29 + 15
	Interno	+ 16 + 11½	+ 16 + 11½	+ 17 + 12	+ 17 + 12	+ 17½ + 13½	+ 17½ + 13½	+ 17 + 13½	+ 16½ + 13½	+ 16½ + 13½	+ 16½ + 13½	+ 16½ + 13½	+ 17½ + 13½	+ 19 + 14	+ 19 + 14½
Giugno. .	*Esterno .*	+ 26 + 15	+ 24 + 14	+ 26 + 15	+ 26 + 17	+ 26 + 17	+ 29 + 18	+ 28 + 18	+ 24 + 16	+ 25 + 16	+ 25 + 16	+ 24 + 14	+ 27 + 15	+ 25 + 14	+ 26 + 15
	Interno	+ 18 + 15	+ 17½ + 15	+ 18½ + 15½	+ 19 + 15½	+ 19½ + 16	+ 20 + 16	+ 20½ + 16½	+ 20½ + 17	+ 20 + 17	+ 20 + 16½	+ 20 + 17	+ 20½ + 16½	+ 20½ + 17	+ 21 + 17
Luglio . .	*Esterno .*	+ 36 + 23	+ 36 + 23	+ 33 + 20	+ 28 + 14	+ 27 + 16	+ 30 + 16	+ 30 + 19	+ 29 + 19	+ 31 + 19	+ 28 + 17	+ 28 + 18	+ 30 + 18	+ 28 + 19	+ 31 + 19
	Interno	+ 26 + 19½	+ 26 + 19½	+ 26 + 20	+ 24½ + 20½	+ 24 + 19	+ 24 + 19	+ 24 + 19½	+ 24½ + 20	+ 24 + 20	+ 23½ + 20½	+ 24 + 20½	+ 24½ + 20½	+ 24 + 20½	+ 24½ + 20½
Agosto . .	*Esterno .*	+ 25 + 15	+ 24 + 16	+ 26 + 18	+ 26 + 19	+ 27 + 19	+ 28 + 15	+ 24 + 14	+ 27 + 17	+ 27 + 17	+ 29 + 18	+ 29 + 17	+ 28 + 18	+ 31 + 19	+ 32 + 20
	Interno	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23 + 20½	+ 24 + 20½	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 24 + 20½	+ 23½ + 20	+ 24 + 20½	+ 25 + 21
Settembre	*Esterno .*	+ 26 + 17	+ 28 + 18	+ 30 + 20	+ 30 + 22	+ 27 + 17	+ 23 + 15	+ 25 + 16	+ 28 + 17	+ 26 + 18	+ 25 + 17	+ 25 + 15	+ 23 + 17	+ 26 + 17	+ 26 + 19
	Interno	+ 23½ + 20½	+ 24 + 20½	+ 24½ + 20½	+ 25 + 20½	+ 24½ + 21½	+ 24½ + 21	+ 24½ + 20½	+ 24½ + 20½	+ 24 + 20½	+ 23½ + 21	+ 23½ + 20½	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20½	+ 23½ + 20
Ottobre. .	*Esterno .*	+ 21 + 15	+ 22 + 13	+ 17 + 14	+ 17 + 14	+ 18 + 14	+ 20 + 14	+ 19 + 14	+ 15 + 11	+ 16 + 11	+ 17 + 11	+ 18 + 13	+ 18 + 14	+ 16 + 14	+ 20 + 15
	Interno	+ 21 + 18½	+ 20½ + 18½	+ 19½ + 17½	+ 19½ + 18½	+ 19½ + 18	+ 19½ + 18	+ 19½ + 18½	+ 19 + 18	+ 19½ + 17	+ 19½ + 17½	+ 20 + 18	+ 19½ + 17½	+ 19 + 17½	+ 19½ + 17½
Novembre	*Esterno .*	+ 7 + 3	+ 8 + 2	+ 7 + 2	+ 6 + 2	+ 7 + 3	+ 6 0	+ 5 + 1	+ 5 0	+ 6 + 1	+ 6 + 3	+ 5 + 4	+ 7 + 5	+ 8 + 6	+ 12 + 8
	Interno	+ 16½ + 14	+ 16 + 14	+ 15½ + 14	+ 15½ + 14	+ 15½ + 14	+ 14½ + 13½	+ 14½ + 13½	+ 14 + 13	+ 14 + 13	+ 13½ + 13	+ 14 + 12½	+ 13½ + 13	+ 13½ + 12½	+ 12½ + 12½
Dicembre	*Esterno .*	+ 9 + 4	+ 8 + 4	+ 8 + 4	+ 8 + 3	+ 8 + 3	+ 8 + 3	+ 6 + 4	+ 10 + 3	+ 8 + 3	+ 9 + 4	+ 7 + 1	+ 7 + 2	+ 6 + 4	+ 8 + 4
	Interno	+ 12 + 11½	+ 11½ + 11	+ 11½ + 11	+ 11½ + 11	+ 11 + 11	+ 11 + 10½	+ 11 + 10½	+ 11½ + 10½	+ 11½ + 10½	+ 11 + 10½	+ 11 + 10½	+ 10½ + 10	+ 10½ + 10	+ 10½ + 10

* OSSERVAZIONI. — Il tratto orizzontale — significa sotto zero, e il segno + sopra zero.

centesimale - Massimo e Minimo - all'esterno e nell'interno del Duomo di Milano.

DEL MESE

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
+ 2 − 5	0 − 8	− 2 − 10	− 2 − 8	− 2 − 7	+ 2 − 7	− 2 − 5	− 1 − 6	+ 2 − 5	+ 2 0	+ 6 − 3	+ 6 − 4	+ 6 − 2	+ 5 − 2	+ 5 − 2	+ 7 − 1	+ 7 + 2
+ 4 + 3	+ 4 + 3	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3½ + 2½	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2	+ 3 + 2
+ 5 − 5	+ 10 − 2	+ 11 + 1	+ 13 + 2	+ 12 0	+ 12 − 1	+ 12 − 2	+ 15 + 1	+ 12 + 1	+ 12 + 2	+ 9 + 4	+ 13 + 3	+ 14 + 3	+ 12 + 2			
+ 3½ + 2½	+ 4 + 3	+ 4 + 3½	+ 4 + 4	+ 4 + 4	+ 4 + 4	+ 4 + 4	+ 4½ + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4	+ 5 + 4½	+ 5½ + 5	+ 6 + 5			
+ 10 + 6	+ 12 + 6	+ 11 + 6	+ 8 + 5	+ 13 + 4	+ 15 + 6	+ 9 + 5	+ 9 + 3	+ 7 0	+ 8 + 1	+ 10 + 2	+ 10 + 4	+ 14 + 3	+ 14 + 3	+ 15 + 4	+ 15 + 4	+ 10 + 2
+ 9 + 7	+ 8½ + 7½	+ 8½ + 7	+ 8½ + 7	+ 8½ + 7	+ 10 + 7½	+ 10 + 7½	+ 9½ + 7½	+ 8½ + 7½	+ 8 + 7½	+ 8 + 7	+ 8½ + 7½	+ 9 + 7½	+ 9 + 8	+ 10 + 8	+ 9½ + 8	+ 9½ + 8
+ 16 + 8	+ 17 + 6	+ 18 + 7	+ 18 + 8	+ 17 + 9	+ 16 + 9	+ 18 + 9	+ 19 + 10	+ 13 + 9	+ 16 + 9	+ 11 + 8	+ 15 + 8	+ 18 + 9	+ 12 + 9	+ 19 + 12	+ 21 + 13	
+ 11½ + 9½	+ 12 + 9½	+ 12 + 10	+ 12½ + 10	+ 12½ + 10	+ 12½ + 10½	+ 13 + 10½	+ 13½ + 10½	+ 13 + 10½	+ 13 + 10½	+ 12 + 10½	+ 12½ + 10½	+ 13 + 11	+ 12 + 11	+ 14 + 11	+ 15 + 11	
+ 24 + 14	+ 23 + 7	+ 19 + 6	+ 18 + 9	+ 13 + 11	+ 19 + 12	+ 14 + 12	+ 19 + 12	+ 19 + 11	+ 21 + 12	+ 22 + 11	+ 22 + 13	+ 17 + 10	+ 23 + 12	+ 23 + 14	+ 23 + 13	+ 24 + 15
+ 19 + 14½	+ 18½ + 14	+ 18 + 14½	+ 17½ + 13½	+ 18½ + 13½	+ 16½ + 13½	+ 16 + 13½	+ 16½ + 13½	+ 16½ + 14	+ 16½ + 14	+ 17 + 14½	+ 17 + 14½	+ 16½ + 14½	+ 17½ + 14½	+ 17 + 15	+ 18 + 15	+ 18 + 15½
+ 26 + 17	+ 27 + 14	+ 25 + 15	+ 24 + 16	+ 25 + 15	+ 22 + 14	+ 25 + 15	+ 26 + 17	+ 26 + 17	+ 27 + 18	+ 29 + 19	+ 30 + 20	+ 31 + 20	+ 32 + 22	+ 34 + 23	+ 35 + 23	
+ 20½ + 17	+ 20½ + 17½	+ 20½ + 17	+ 20½ + 17½	+ 20½ + 17½	+ 19½ + 17½	+ 20 + 17½	+ 20 + 17	+ 21 + 17½	+ 21 + 18	+ 21½ + 18	+ 22 + 18	+ 22½ + 18½	+ 23 + 19	+ 24 + 19½	+ 25 + 19½	
+ 30 + 21	+ 31 + 20	+ 32 + 21	+ 33 + 22	+ 35 + 22	+ 33 + 18	+ 30 + 20	+ 31 + 20	+ 28 + 17	+ 21 + 13	+ 26 + 16	+ 28 + 17	+ 29 + 22	+ 30 + 21	+ 30 + 16	+ 27 + 17	+ 25 + 18
+ 24½ + 21	+ 25 + 21	+ 25 + 21	+ 25½ + 21½	+ 26 + 21½	+ 26 + 21½	+ 25½ + 21½	+ 26 + 21½	+ 24½ + 22	+ 24 + 20½	+ 24 + 19½	+ 24 + 20	+ 24½ + 20½	+ 24½ + 21	+ 24½ + 21½	+ 24 + 20	+ 23½ + 20½
+ 32 + 21	+ 31 + 22	+ 29 + 22	+ 31 + 20	+ 30 + 18	+ 30 + 18	+ 27 + 18	+ 27 + 14	+ 20 + 13	+ 24 + 14	+ 23 + 15	+ 26 + 15	+ 28 + 18	+ 28 + 18	+ 28 + 19	+ 29 + 19	+ 27 + 16
+ 25½ + 21	+ 25½ + 21	+ 25½ + 21	+ 25 + 21	+ 25 + 21	+ 24½ + 20½	+ 24½ + 20½	+ 23 + 21	+ 23½ + 20	+ 23 + 19	+ 23½ + 19½	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 23½ + 20	+ 24 + 20	+ 24 + 20	+ 24 + 20
+ 28 + 18	+ 27 + 18	+ 26 + 16	+ 26 + 16	+ 26 + 16	+ 25 + 17	+ 19 + 11	+ 22 + 12	+ 17 + 10	+ 21 + 11	+ 19 + 9	+ 21 + 9	+ 18 + 10	+ 21 + 12	+ 22 + 12	+ 20 + 14	
+ 23½ + 21	+ 23½ + 20½	+ 23½ + 20½	+ 23 + 20½	+ 23½ + 20½	+ 23½ + 20½	+ 21½ + 17½	+ 22 + 18	+ 21½ + 18	+ 21½ + 17½	+ 21 + 18½	+ 20½ + 18½	+ 21 + 18½	+ 20½ + 18½	+ 21 + 18	+ 20½ + 18½	
+ 20 + 14	+ 21 + 14	+ 19 + 15	+ 20 + 15	+ 18 + 15	+ 18 + 15	+ 17 + 15	+ 19 + 13	+ 18 + 12	+ 18 + 13	+ 16 + 13	+ 16 + 12	+ 15 + 10	+ 17 + 8	+ 15 + 4	+ 15 + 2	+ 6 + 1
+ 19½ + 17½	+ 19 + 17½	+ 19 + 17½	+ 19 + 17½	+ 18½ + 17½	+ 19 + 17½	+ 18½ + 17½	+ 19 + 17½	+ 19 + 17½	+ 19 + 17½	+ 19 + 17½	+ 18½ + 17	+ 18 + 16½	+ 18 + 16½	+ 17½ + 16	+ 17 + 15½	+ 17 + 15
+ 11 + 8	+ 10 + 5	+ 11 + 5	+ 11 + 5	+ 10 + 5	+ 8 + 5	+ 10 + 8	+ 10 + 9	+ 10 + 9	+ 11 + 10	+ 11 + 10	+ 11 + 10	+ 12 + 5	+ 10 + 6	+ 10 + 4	+ 8 + 6	
+ 13 + 12½	+ 13 + 12	+ 13½ + 12	+ 13½ + 12	+ 12½ + 12	+ 12½ + 12	+ 12 + 12	+ 12½ + 11½	+ 12½ + 11½	+ 12½ + 11½	+ 12 + 12	+ 12½ + 12	+ 12 + 12	+ 12 + 11½	+ 12 + 11½	+ 12 + 11½	
+ 11 + 2	+ 8 + 2	+ 10 + 2	+ 5 − 2	+ 2 − 3	+ =½ − 4	+ =½ − 5	+ 2 − 4	+ 2 − 3	+ 2 − 2	+ 4 + 3	+ 4 + 1	+ 3 + 1	+ 4 − 1	+ 1½ − =½	+ 1 − 1	+ 1½ 0
+ 10½ + 10	+ 10 + 9½	+ 10 + 9½	+ 10 + 9½	+ 9½ + 9	+ 9 + 9	+ 9 + 8½	+ 9 + 8½	+ 8½ + 8	+ 8½ + 8	+ 9 + 8	+ 8½ + 8	+ 8½ + 7½	+ 8 + 7½	+ 7½ + 7½	+ 7½ + 7	+ 7 + 7

ANNOTAZIONE GIORNALIERA nell'anno 1891 dell'Umidità centesimale, calcolata sulle

MESE		GIORNI 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gennajo	*Esterno*	92	92	92	91	91	90	90	90	90	87	90	90	90	91	92
	Interno	85	84	84	85	85	85	86	86	85	83	84	83	84	87	88
Febbrajo	*Esterno*	92	92	92	81	88	88	89	90	77	88	92	88	85	88	87
	Interno	91	92	92	82	84	85	87	83	88	85	85	84	85	85	83
Marzo	*Esterno*	70	70	72	63	67	68	72	73	75	90	92	75	76	85	85
	Interno	85	85	83	80	74	82	84	86	88	89	91	86	87	87	90
Aprile	*Esterno*	42	57	52	56	63	73	90	62	65	66	45	65	82	80	74
	Interno	65	72	76	74	75	79	83	76	72	80	85	82	85	82	81
Maggio	*Esterno*	72	76	72	75	83	63	81	95	91	94	81	83	66	64	70
	Interno	91	92	93	94	92	91	93	93	92	92	88	89	86	84	89
Giugno	*Esterno*	73	77	67	66	56	57	66	71	61	66	69	57	61	64	62
	Interno	87	87	89	87	85	85	89	90	82	82	80	80	79	80	82
Luglio	*Esterno*	53	55	59	69	61	55	55	63	62	61	64	63	62	61	60
	Interno	81	81	80	80	74	66	68	74	75	73	72	71	73	74	76
Agosto	*Esterno*	67	68	70	66	67	68	63	64	61	62	55	60	61	66	66
	Interno	77	75	76	76	75	76	74	73	76	74	72	75	75	76	76
Settembre	*Esterno*	70	72	68	63	68	70	68	67	64	62	57	66	66	63	66
	Interno	72	75	76	77	80	75	81	75	75	70	62	72	70	70	75
Ottobre	*Esterno*	83	82	85	87	88	88	81	86	86	85	86	86	94	84	88
	Interno	81	79	78	77	77	82	83	82	78	79	82	84	86	83	87
Novembre	*Esterno*	82	84	77	84	85	86	88	84	84	84	81	89	86	92	89
	Interno	77	84	87	80	80	82	73	73	74	75	69	71	71	81	81
Dicembre	*Esterno*	94	93	92	92	92	92	92	92	92	92	91	89	86	91	83
	Interno	88	86	86	85	86	84	86	86	86	86	85	85	85	85	84

osservazioni fatte con Psicrometri collocati all'esterno e nell'interno del Duomo di Milano.

DEL MESE															
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
91	90	91	91	92	91	90	92	91	90	87	92	91	85	87	83
90	88	90	91	90	89	90	84	85	84	83	84	84	85	84	85
85	93	86	86	87	90	90	94	92	92	92	92	93	—	—	—
82	84	84	85	85	85	90	88	92	92	92	92	93	—	—	—
90	93	92	88	82	89	89	88	87	70	82	76	47	31	48	26
90	90	91	91	89	92	92	90	87	86	86	87	81	72	73	70
66	59	51	67	66	63	59	75	87	87	82	82	91	87	81	—
80	76	69	77	84	81	76	77	85	85	87	85	88	87	91	—
78	71	60	51	81	82	89	90	74	75	72	77	70	67	70	73
85	76	74	67	80	82	88	88	86	87	83	83	85	85	83	82
62	67	64	62	71	72	68	69	76	73	71	66	67	63	62	—
77	78	81	72	71	73	76	76	81	82	82	83	82	82	81	—
67	63	68	65	62	63	68	87	82	82	76	90	88	83	76	71
78	81	78	82	78	76	74	75	75	67	72	73	80	76	78	75
66	66	62	64	62	73	83	82	74	75	72	73	64	71	73	72
76	79	83	80	63	70	72	65	68	70	71	72	71	71	72	72
67	68	59	66	66	75	67	73	63	66	68	73	76	78	82	—
76	76	71	72	73	69	70	73	74	76	76	80	78	78	80	—
88	88	92	90	90	95	93	90	90	90	91	90	89	74	67	88
86	86	86	87	86	87	89	86	83	82	84	82	83	74	71	73
86	89	86	86	92	95	89	90	94	93	94	93	92	92	92	—
81	81	82	82	83	85	86	86	86	85	86	86	85	86	86	—
85	76	92	91	91	90	91	91	90	92	95	92	95	95	93	94
84	77	75	74	74	74	73	77	75	77	81	85	85	86	85	85

Osservazioni

Gr. Secco 0 — 10 — 20 — Secco 30 — 40 — Medio 50 — 60 — 70 — Umido 80 — 90 — Umidità massima. 100 —

APPENDICE.

Parallelo fra il Duomo di Milano ed il Duomo di Colonia riguardo al rapporto fra l'area coperta e l'area fabbricata in questi due monumenti.

DUOMO DI MILANO.

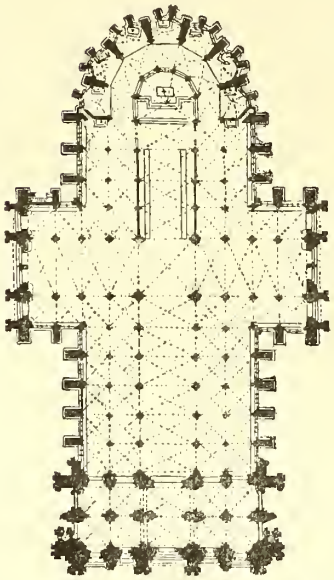
DISTINTA riassuntiva delle superfici che costituiscono l'area generale occupata dall' edificio, calcolate sull' icnografia del piano superiore al suo basamento, dove il monumento, coll'aperture delle finestrate, ha il suo pieno sviluppo.

a) Superficie occupata dalla muratura:						
Contrafforti e parete della facciata principale = a ovest = ... Mq.	189	708				
Contrafforti e pareti delle fronti dei due bracci sporgenti dei capocroci = a sud e a nord = . . Mq.	306	088				
Contrafforti lungo l'asta maggiore del Tempio compresi i mezzo pilieri interni e le pilastrate formanti stipiti delle finestrate = 14 (Mq. 18,797) = Mq. 263,158						
Pilastrate e tre quarti pilieri, negli angoli di intersecazione coi capocroci = 2 (Metri quadrati 12,865) = ... Mq. 25,730						
Assieme . . . . . Mq.	288	888				
Contrafforti e pilieri delle due campate sud-est = e delle due nord-est = costituenti le due Sagrestie = Meridionale e Aquilonare unite all'asta del Coro Mq. 216,206						
Contrafforti della grande abside del Coro = 2 (Mq. 20,577) = ... Mq. 41,154						
Assieme . . . . . Mq.	257	360				
Pilieri isolati nell'interno dell'edificio:						
i quattro della gran cupola = 4 (5,749). Mq. 22,996						
i quarantotto normali = 48 (Mq. 4,195) „ 201,360						
Assieme . . . . . Mq.	224	356				
Sommano le superfici occupate dalla muratura . „	1266	400	1266	40		
b) Superfici libere. =						
Spazio interno dell'edificio . . . . . Mq.	8241	80				
„ delle Sagrestie . . . . . „	254	86				
Vano fra i pilastri delle porte . . . . . „	44	16				
„ „ „ delle finestrate . . . . . „	302	38				
Sommano le superfici libere . . . . . „	8843	20	8843	20		
Area totale che occupa l'edificio al piano suddetto. . . . . Mq.					10,109	60

Quindi il rapporto fra l'area occupata dalla muratura e l'area generale, al piano delle finestrate, del Duomo di Milano, è rappresentato:

in frazioni decimali = 1266,40 : 10109,60. = 0,12526

in frazioni ordinarie = $\frac{1266,40}{10109,60} = \frac{1000}{7982}$ a pressochè $\frac{1}{8}$



DUOMO DI COLONIA.

DISTINTA riassuntiva delle superfici che costituiscono l'area generale occupata dall' edificio, calcolate sull'icnografia del piano superiore al suo basamento, dove il monumento, coll'aperture delle finestrate, ha il suo pieno sviluppo.

a) Superficie occupata dalla muratura:

Pilastroni della facciata principale e delle due torri = :						
Quelli prospettanti l' esterno = ovest = . . Mq.	212	771				
Quelli di mezzo fra i suddetti esterni e i pilastroni prospettanti l'interno . . . Mq.	46	902				
Assieme, superficie occupata dalla muratura dei dodici sostegni anteriori che coi sei posteriori componenti la facciata interna, costituiscono la fronte principale torrita . . . . . Mq.	259	673	259	673	—	—
Pilastroni della facciata principale e delle due torri = : Quelli prospettanti l'interno. . . . . Mq.	148	598				
Pilastroni delle fronti dei due bracci sporgenti dei capocroci = a sud e a nord = ... Mq.	217	138				
Contrafforti esterni lungo l'asta maggiore del Tempio, compreso i mezzi pilieri interni. = 8 (Metri quadrati 10,167) . . . . . Mq. 81,336						
Contrafforti esterni e tre quarti di pilieri interni negli angoli d'intersecazione coi capocroci = 2 (Mq. 8,620) = ... Mq. 17,240						
Contrafforti esterni lungo l'aste sporgenti dei capocroci = 4 (Mq. 10,167) = . . . Mq. 40,668						
Assieme . . . . . Mq.	139	244				
Somme a riportarsi	504	980	259	673	—	—

Somme riportate . . Mq.	504	980	259	673	—	—
Contrafforti e pilieri dell'asta di croce che costituisce il Coro, Presbiterio e Cappelle dell'abside = . . . Contrafforti esterni e tre quarti di pilieri interni negli angoli d'intersecazione coi capicroci = 2 (Metri quadrati 8,620) = ... Mq. 17,240						
Contrafforti esterni e mezzi pilieri interni lungo la parte retta della suddetta asta (Mq. 10,167) . . . . . Mq. 40,668						
Contrafforti e annessi pilieri che costituiscono l'abside a cappelle del Coro = . . . Mq. 129,304						
Assieme . . . . . Mq.	187	212				
Pilieri isolati nell'interno dell'Edificio = quelli del campo centrale 4 (Mq. 3, 424) = . . Mq. 13,696						
= quelli della nave maggiore dell'asta principale e delle aste di croce=22(Mq. 2,273) Mq. 50,006						
= quelli della nave maggiore parte retta dell'asta del Presbiterio e Coro = 6 (Metri quadrati 1,955) . . . . . Mq. 15,640						
= quelli della nave maggiore parte semi circolare dell'asta del Coro = 6 (Mq. 1,415) Mq. 8,490						
= quelli delle navi minori dell'asta del Presbiterio e Coro = (Mq. 1,549) . . . Mq. 9,294						
= quelli delle navi minori dell'asta principale = ... 10 (Mq. 1,658) Mq. 16,580						
Assieme . . . . . Mq.	113	706				
Sommano le superfici occupate dalla muratura dell'Edificio nel limite della facciata interna dell'asta principale — compresi i sei pilastroni che costituiscono la facciata stessa . . . . . Mq.	805	898	805	898		
Sommano le superfici occupate dalla muratura Mq.	. . . .	. .	1065	571	1065	57
b) Superficie libere =						
Spazio interno, campate sotto e fra le torri della facciata principale. . . . . Mq.	618	534				
Vano fra i pilastri delle porte, e finestrato della fronte principale . . . . . Mq.	95	276				
Vano fra i pilastri delle torri, finestrate dei fianchi Mq.	65	980				
Sommano le superfici libere della parte dell'Edificio anteriore alla facciata interna dell'asta principale . . . . . Mq.	779	790	779	790	—	—

Spazio interno dell'edificio . . . . . Mq.	5652	330				
Vano fra i pilastroni della facciata interna dell' asta principale . . . . . Mq.	114	008				
Vano fra i pilastroni delle porte delle facciate dei due capocroci . . . . . Mq.	128	188				
Vano fra i contrafforti che costituiscono i stipiti delle finestrate . . . . . „	187	640				
Sommano le superfici libere dell' edificio nel limite della facciata interna dell'asta principale, qui compresi i vani fra i pilastroni che costituiscono la facciata stessa . . . . . Mq.	6082	166	6082	166		
Sommano le superfici libere . . . . . Mq.			6861	956	6861	95
Area totale che occupa l'edificio al piano suddetto . . . . . Mq.					7927	52

Quindi il rapporto fra l'area occupata dalla muratura e l'area generale, al piano delle finestrate del Duomo di Colonia, è rappresentato:

in frazioni decimali . . . . . = 1065,573 : 7927 = 0,152,441

in frazioni ordinarie . . . . . $= \frac{1065,57}{7927,52} = \frac{1000}{7439}$ a pressochè $\frac{2}{15}$

e il rapporto fra l'area occupata dalla muratura e l'area generale, al piano delle finestrate, nel limite della facciata interna dell'asta principale, — ossia supposto che il Duomo di Colonia fosse conterminato nella sua fronte principale da facciata semplice come lo è il Duomo di Milano, — sarebbe rappresentato:

in frazioni decimali . . . . . = 805.90: (805,90 + 6082.16) 6888,06 = 0,11699

in frazioni ordinarie . . . . . $= \frac{805,90}{6888,06} = \frac{1000}{8547}$ a pressochè $\frac{2}{17}$

a) Confronto dei rapporti fra l'area occupata dalle murature e l'area generale dei due edifici monumentali — Duomo di Milano, e Duomo di Colonia.

DUOMO DI MILANO. — Rapporto espresso in frazioni decimali.	0,12526	Rapporto espresso in frazioni ordinarie = circa . . $\frac{1}{8} = \frac{2}{16} =$	$\frac{16-15}{120}$
DUOMO DI COLONIA. — Rapporto espresso in frazioni decimali.	0,152441	Rapporto espresso in frazioni ordinarie = circa . . $\frac{2}{15} =$	
Differenza fra i due rapporti	0,00915	Differenza fra i due rapporti	$\frac{1}{120}$

Tale differenza rappresenta il rapporto della maggiore quantità dell'area occupata dalla muratura del Duomo di Colonia in confronto del Duomo di Milano.

b) Confronto dei rapporti fra l'area occupata dalle murature e l'area generale dei due edifici monumentali — Duomo di Milano, e Duomo di Colonia — supponendo che il Duomo di Colonia sia conterminato nella sua fronte principale da facciata semplice come lo è il Duomo di Milano.

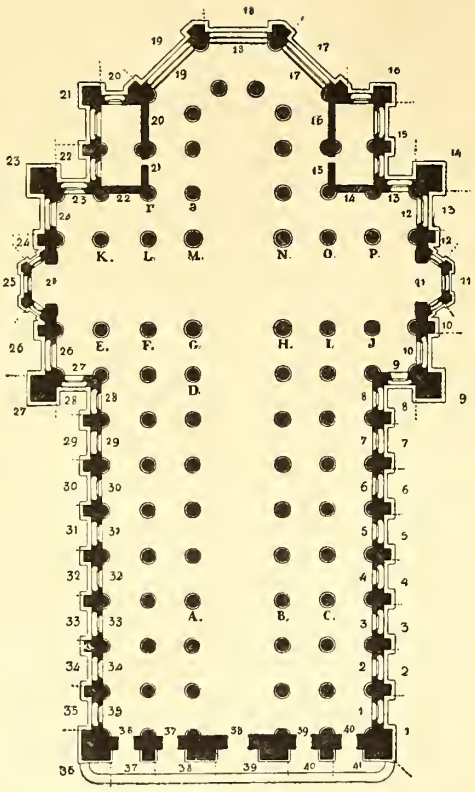
DUOMO DI MILANO. — Rapporto espresso in frazioni decimali	0,12526	Rapporto espresso in frazioni ordinarie = circa . .	$\frac{1}{8} = \frac{2}{16}$
DUOMO DI COLONIA. — Rapporto espresso in frazioni decimali.	0,11699	Rapporto espresso in frazioni ordinarie = circa . . =	$\frac{2}{17}$
Differenza fra i due rapporti	0,00827	Differenza tra i due rapporti	$\frac{1}{136}$

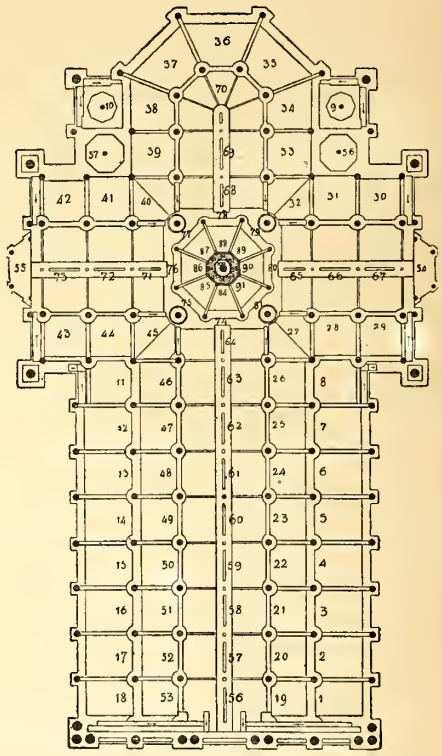
$= \frac{17-16}{136}$

Tale differenza rappresenta il rapporto della maggiore quantità dell'area occupata dalla muratura del Duomo di Milano in confronto al Duomo di Colonia.

Luigi Tazzini

Agente della Fabbrica del Duomo di Milano.





PIANTE DELL'INTERNO E DELL'ESTERNO DEL DUOMO DI MILANO

colle indicazioni relative agli Specchi riassuntivi seguenti.

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei tasselli di marmo eseguiti nel corso di 50 anni e precisamente dall'anno 1840 all'anno 1890 pel restauro delle superfici in vista delle parti superiori del Duomo.

Anno nel quale fu eseguito il restauro	INDICAZIONE DELLA UBICAZIONE RESTAURATA col riferimento alla numerazione delle zone marcate nella qui allegata pianta generale del superiore del Duomo	QUANTITÀ DEI TASSELLI					NOTIZIE
		PEZZI num.°	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi		
1840	Ai parapetti di secondo ordine verso levante = *zone 5 e 7* =	29	4	27	0	49	
1841	Tassellature eseguite ad economia a restauro superiore del Duomo, senza precisare il luogo.	4	0	26	0	02	
1842	Idem, idem, come sopra è detto per l'anno 1841 . . .	5	0	34	0	02	
1843	Idem, idem, come sopra è detto per l'anno 1841 . . .	4	0	24	0	01	
1844	Belvedere della gran guglia = *zona 100* = ...	66	27	95	5	02	
1845	Gugliotto con scala a chiocciola, e termine restauro gran guglia = *zone 77 a 100* = ...	267	46	65	4	53	
1846	Alle pareti, contrafforti e arpagi finestre del Tiburio = *zone 74, 75, 76, 77 e 78,* = ...	449	57	74	4	26	
1847	Idem, idem, come sopra termine restauro Tiburio = *zone 79, 80 e 81* = ...	127	14	49	1	37	
1848	Tassellature eseguite a economia, senza precisare il luogo	5	0	37	0	03	
1850	Idem, idem, come sopra	8	0	49	0	03	
1853	Piani, sagome e cornici delle pareti di secondo ordine = *zone 1 alla 37 incl.*	45	5	89	0	41	
1854	Tassellature eseguite ad economia senza precisare il luogo						
1871	Idem, idem, come sopra	10	0	63	0	10	
1872	Idem, idem, come sopra	5	0	27	0	02	
1875	Idem, idem, come sopra	11	0	51	0	04	
1876	Idem, idem, come sopra	7	0	40	0	03	
1877	Idem, idem, come sopra in occasione collocamento smaltitoj.	5	0	28	0	02	
1878	Piani e sagome alle pareti e finestre = *zona 9* = . . .	12	0	98	0	07	
1880	Piani, sagome, cornici, gradini, gugliotto Omodeo = *zona 77* = ...	15	0	70	0	06	
1880	Piani, sagome e gradini scalette discendenti ai terrazzi = *zone 54 e 55* = ...	242	20	69	1	57	
1881	Tassellature ai piedritti e falconature concorrenti all'aguglia Carelli = *zona 10* = ...	202	42	71	5	02	
1882	Piani, sagome, cornici, gradini, scalette discendenti ai terrazzi = *zone 54 e 55,* e pareti = *zone 35 e 36* = . .	15	1	79	0	18	
1883	Piani e sagome pareti vicine alle finestre = *zone 30, 31 e 32* = ...	36	6	35	0	54	
1884	Idem, idem. come sopra = *zone 27, 28 e 29* = . . .	11	1	20	0	09	
1884	Tassellatura parete del contrafforto in occasione collocamento nuova garzolla	24	2	64	0	24	
1885	Piani e sagome pareti vicine alle finestre = *zone 40, 41 e 42* = ...	5	0	31	0	02	
1885	Piani, sagome e cornici, aguglia del contrafforte = *in angolo zone 37, 38 e 70* = ...	10	0	96	0	09	
1887	Piani, sagome e cornici, agli archi rampanti e aguglie = *zone 34, 35 e 36* =.	9	0	78	0	02	
1887	Piani, sagome e cornici, finestrata del tiburio manomessa per l'innesto pontile nuovo gugliotto in angolo di ponente e tramontana = *zona 75* = ...	16	4	98	0	41	
1888	Piani, sagome e cornici, archi rampanti = *zone 32, 33 e 37,* e aguglia angolo della conversa = *zona 8* = . .	18	7	83	0	79	
1889	Piani, sagome e cornici, pareti vicine alle finestre = *zone 24, 25, 26 e 27* = ...	177	26	22	1	73	
1889	Idem, idem, archi rampanti e contrafforti = *zone 30, 31, 36, 37 e 38* = ...	26	2	87	0	26	
1890	Piani, sagome e cornici, parete vicine alle finestre = *zone 20, 21, 22 e 23* = ...	26	3	16	0	42	
1890	Piani, sagome e cornici, finestrata del tiburio manomessa per l'innesto pontile nuovo gugliotto in angolo di levante e mezzodì = *zona 79* = ...	17	1	54	0	17	
		15	7	81	0	69	
	TOTALE dei tasselli a restauro parti superiori del Duomo N.°	1923	M² 294	30	M³ 28	77	

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei tasselli di marmo eseguiti nel corso di 50 anni e precisamente dall'anno 1840 all'anno 1890 pel restauro delle superfici in vista dell'esterno del Duomo dal zoccolo alla merlatura.

Anno nel quale fu eseguito il restauro	INDICAZIONE DELLA UBICAZIONE RESTAURATA col riferimento alla numerazione dei campi marcati nella qui allegata pianta generale al piano del pavimento.	QUANTITÀ DEI TASSELLI					NOTIZIE
		PEZZI num.°	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi		
1852	Alle parti sagomate del basamento = *tutti i campi dal 1 al 36 meno il 15*	840	195	65	30	25	
1853	A tutte le parti superiori alle suddette sagome del basamento, compreso il piano inclinato delle finestrate = *campi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36*	586	142	70	9	78	
1853	Piani, sagome, cornici e ornati alle pareti, contrafforti e finestrate = *campi, 35, 36, 37 e 38*.	122	23	34	2	10	
1855	Idem, idem, come sopra = *campi 39, 40, 41 e 1* . . .	357	28	95	2	45	
1856	Idem, idem, come sopra continuazione e termine lavoro 1855 = *campi suddetti = 39, 40, 41 e 1*	246	26	04	1	95	
1857	Piani, sagome, cornici e ornati alle pareti, contrafforti e finestrati = *campi 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8*	592	54	42	5	71	
18 8	Idem, idem, come sopra = *campi 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 e 34*	717	52	91	5	55	
1859	Idem, idem, come sopra = *campi 20, 21 e 22*	809	118	78	12	23	
1860	Idem, idem, come sopra = *campi 9, 10, 11, 12 e 13*. .	537	70	62	7	41	
1861	Idem, idem, come sopra = *campi 23, 24. 25 e 26* . .	824	104	42	12	49	
1862	Idem, idem, come sopra = *campi 14, 15 e 16*	1162	145	98	15	12	
1863	Idem, idem, come sopra = *campo 19*	548	67	42	7	02	
1864	Idem, idem, come sopra = *campo 18*	509	52	54	5	30	
1865	Idem, idem, come sopra = *campo 17*.	409	54	06	9	78	
1867	Idem, idem, come sopra = *campo 15*	7	1	75	0	19	
1868	Idem, idem, vicino alle nuove portine = *campo 13* .	5	0	38	0	02	
1869	Idem, idem, in occasione demolizione casotto = *campo 15*	37	3	58	0	38	
1884	Idem, idem, arpagi della finestrata e specialmente della gran rosa, col cambio di molti pezzi marmo in tutto il loro spessore, — finestrone di mezzo del retrocoro detto Visconteo = *campo 18*	123	69	96	7	39	
1890	Piani, sagome e cornici della finestrata del retrocoro verso il corso Vittorio Emanuele, col cambio specialmente di molti pezzi marmo in tutto il loro spessore = *campo 19*	108	38	02	3	18	
	TOTALE dei tasselli a restauro dell'esterno del Duomo N.°	8538	M²1251	52	M³ 138	30	

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei tasselli di marmo eseguiti nel corso di 50 anni e precisamente dall'anno 1840 all'anno 1890, pel restauro delle superfici in vista delle pareti interne del Duomo.

Anno nel quale fu eseguito il restauro	INDICAZIONE DELLA UBICAZIONE RESTAURATA col riferimento alla numerazione dei campi marcati nella qui allegata pianta generale al piano del pavimento	QUANTITÀ DEI TASSELLI					NOTIZIE
		PEZZI num.°	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi		
1843	Tassellature eseguite a economia senza precisare il luogo	11	0	72	0	06	
1848	Idem, idem, come sopra	4	0	21	0	01	
1849	Idem, idem, come sopra	3	0	21	0	01	
1851	Idem, idem, come sopra	9	0	61	0	05	
1866	Basi dei pilieri isolati e uniti alle pareti = tassellatura delle modanature.	76	5	97	0	71	
1867	Tessellature parete in occasione rivestimento marmo = *campo 20*	4	0	24	0	02	
1870	Piani, sagome e cornici delle pareti e finestrate abside S. Gio. Bono = *campo 11*	65	7	74	1	07	
1872	Tassellature eseguite a economia senza precisare il luogo	10	0	46	0	03	
1873	Idem, idem, in occasione trasporto monumenti = *campi 13-21*	11	2	94	0	19	
1874	Idem, idem, in occasione collocamento di monumenti = *campi 3-5*	45	5	01	0	25	
1879	Piani, sagome e cornici alle pareti e finestrate abside Madonna dell'Albero = *campo 25*	369	54	20	7	41	
1880	Idem, idem, come sopra ov' è l'Altare di S. Caterina = *campi 26-27*	549	90	25	7	62	
1881	Idem, idem, come sopra ai quattro = *campi 32, 33, 34, 35*	752	96	76	8	22	
1882	Idem, idem, come sopra ov' è l'Altare di Santa Prassede = *campi 23-24*	283	46	59	3	98	
1882	Tassellature vicino alla finestrata ov' è l'Altare di S. Agnese = *campo 14*.	5	0	72	0	05	
1883	Piani, sagome e cornici alle pareti e finestrate, ov' è il monumento Medici e l' Altarino detto di S. Carlo = *campi 9, 10*	421	69	44	5	93	
1884	Sagome, cornici e piramidi, capitello piliere; *E;* e costolature volte = *campi 18, 26, 27*	69	17	90	1	52	
1884	Piani, sagome e cornici vicino alle finestrate = *campi 15, 16* e *18*	96	28	32	2	59	
1885	Piani, sagome e cornici alle pareti e finestrate, ove sono gli Altari di S. Agata, S. Giovanni Evangelista e Madonna della Neve = *campi 6, 7* e *8*	400	76	23	5	86	
1885	Piani, sagome e cornici parete e finestrate ov' è la Statua di Pio IV = *campo 16*.	53	25	48	1	52	
1886	Piani, sagome e cornici pareti e finestrate = *campi 2, 4* e *5*	50	10	46	0	92	
1886	Idem, idem, come sopra ov' è la statua di Pio IV = *campo 16*	9	3	73	0	27	
1887	Piani, sagome e cornici pareti e finestrate = *campi 12* e *13*	198	33	79	2	95	
1887	Idem, idem, come sopra = *campo 21*	4	1	22	0	11	
1888	Piani, sagome e cornici pareti e finestrate = *campi 22* e *31*	24	6	26	0	57	
1889	Idem, idem, come sopra ov' è l'Altare di S. Tecla = *campo 22*.	7	0	85	0	14	
1889	Restauro di solidità costolature arconi = *campata fra i pilieri L. M. q. r.*	11	3	11	0	34	
1890	Idem, idem, come sopra = *campata fra i pilieri L. M. q. r* = ...	19	3	54	0	39	
	TOTALE dei tasselli a restauro parti interne del Duomo N.°	3557	M² 592	96	M³ 52	79	

SPECCHIO RIASSUNTIVO dei tasselli marmo eseguiti nel corso di cinquant'anni e preci-

ANNO nel quale fu eseguito il restauro	Lettera marcata nella pianta per indicare il Piliere	QUANTITÀ DEI TAS									
		ALLE COSTOLATURE					AL FUSTO				
		PEZZI Numero	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi		PEZZI Numero	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi	
1882	A.	30	11	55	—	98	20	2	53	—	16
1883	"	51	16	69	1	41	27	3	12	—	20
1882	B.	13	4	25	—	36	4	—	38	—	03
1883	"	56	22	88	1	94	15	1	83	—	12
1885	"	16	5	50	—	46	—	—	—	—	—
1882	C.	3	0	93	—	08	1	—	14	—	01
1841	D.	7	4	85	—	41	4	—	76	—	05
1888	"	17	3	78	—	32	12	—	84	—	06
1890	"	21	4	18	—	35	11	—	75	—	05
1887	E.	46	12	69	1	08	—	—	—	—	—
1888	"	49	12	85	1	09	35	3	33	—	22
1886	F.	41	11	40	—	97	—	—	—	—	—
1887	"	18	4	64	—	39	—	—	—	—	—
1890	"	10	2	07	—	18	—	—	—	—	—
1884	G.	92	26	12	2	35	30	5	07	—	30
1887	"	16	4	46	—	40	—	—	—	—	—
1888	"	29	5	74	—	52	53	7	42	—	45
1882	H.	51	15	85	1	43	5	—	92	—	06
1883	"	51	15	38	1	38	11	1	75	—	11
1885	"	17	5	08	0	46	4	—	70	—	04
1841	I.	10	5	67	—	48	3	1	21	—	08
1888	"	34	7	95	—	68	3	—	36	—	02
1890	"	16	4	19	—	36	6	—	53	—	04
1888	J.	16	3	95	—	34	1	—	18	—	01
1886	K.	109	30	40	2	58	39	3	79	—	25
1887	"	22	6	85	—	58	57	5	31	—	35
1885	L.	117	33	56	2	85	33	3	28	—	21
1886	"	26	8	30	—	71	14	1	36	—	09
1884	M.	94	25	91	2	33	6	1	02	—	06
1886	"	9	2	62	—	24	—	—	—	—	—
1885	N.	39	11	33	1	02	13	1	86	—	11
1886	"	5	1	80	—	16	—	—	—	—	—
1841	O.	26	12	71	1	08	4	1	25	—	08
1887	"	64	18	68	1	59	5	—	43	—	03
1888	"	42	12	16	1	03	9	—	89	—	06
1890	"	3	0	78	—	07	23	2	09	—	14
1887	P.	23	5	47	—	46	12	1	10	—	07
TOTALE dei tasselli pel restauro di sedici Pilieri . .		N. 1289	Mq. 383	22	Mc. 33	12	N. 460	Mq. 54	20	Mc. 3	46

samente dall'anno 1841 all'anno 1890 pel restauro dei Pilieri interni del Duomo di Milano.

SELLI MARMO COMPLESSIVO PER CADAUN PILONE					NOTIZIE E CALCOLI
PEZZI Numero	Superficie in Metri quadrati		Volume in Metri cubi		
128	33	89	2	75	*a*) Nell'anno 1866 vennero restaurati con tasselli marmo le modanature delle basi dei pilieri interni del Duomo (vedi lo specchietto III per la quantità dei tasselli) e risarciti con stuccature di cementi tutti i pezzi guasti di costolature e fusto dei pilieri medesimi. — Il risarcimento con stucco non fece buona prova, cioè pochi anni dopo la sua applicazione incominciò a screpolarsi e staccarsi così che in seguito alle frequenti cadute di pezzi di stucco e di schegge marmo si dovette nell'anno 1882 tener chiuso il Duomo per più di un mese onde operare lo stacco di tutte quelle stuccature e dei pezzi marmi avariati.
104	34	84	2	91	*b*) I pilieri marcati colle lettere A, B, C, D, E, F, I, J, K, L, O, P sono d'identica forma e valore.
4	1	07	0	09	Dimensione e calcolo di uno dei sopra indicati dodici pilieri, dal piano sopra le modanature della base al piano del collarino del capitello.
72	15	16	1	24	Il fusto o parte cilindrica ha il diametro di Metri q. 2,124, quindi $R^2 \times \pi = 1{,}062^2 \times 3{,}1416 =$ . . . . . Metri q. 3,543,096
130	28	87	2	39	Le costolature piccole, cadauna ha la superficie di Metri q. 0,062,358, per le quattro costolature si ha . . . . . „ 0,249,432
69	18	11	1	54	Le costolature grandi, cadauna ha la superficie di Metri q. 0,100,566, per le quattro costolature si ha = . . . „ 0,402,264
					Superficie totale sezione orizzontale . . . . . Metri q. 4,194,792
220	48	81	4	02	Sviluppo della superficie verticale in vista è = costolature grandi 0,9650 × 4 =. . . . . Metri q. 3,8600
					+ costolature piccole 0,6544 × 4 =. . . . . „ 2,6176
139	39	68	3	48	+ fusto fra le costolature 0,2638 × 8 = ... „ 2,1104
					Periferia totale lineari . . . . . Metri q. 8,5880
72	19	91	1	66	L'altezza del piliere fra la base e il capitello è di Metri 16,50. Quindi la superficie verticale in vista è = 8,588 × 16,50 = Metri q. 141,702 e il volume è eguale alla sopra calcolata superficie orizzontale Metri q. 4,194792 × l'altezza di Metri 16,50 = cubi Metri 69,214.
17	4	13	0	35	*c*) I pilieri marcati colle lettere G, H, M, N, sono d'idendica forma e valore.
227	46	35	3	76	Dimensione e calcolo di uno dei sopra indicati quattro pilieri, dal piano sopra le modanature della base al piano del collarino del capitello.
190	46	50	3	86	Il fusto o parte cilindrica ha il diametro di M. 2,546, quindi $R.^2 \times \pi = 1{,}273^2 \times 3{,}1416 =$ . . . . . Metri q, 5,090,962
109	29	55	2	63	Le costolature piccole cadauna ha la superficie di Metri q. 0,062,442 = per le quattro costolature si ha . . . . „ 0,249,768
					Le costolature grandi cadauna ha la superficie di Metri q. 0,102,076 = per le quattro costolature si ha . . . . „ 0,408,304
57	14	99	1	29	Superficie totale sezione orizzontale. . . . . Metri q. 5,749,034
					Sviluppo della superficie verticale in vista, è eguale = costolature grandi 0,9562 × 4 = ... Metri q. 3,8248
176	48	99	4	08	+ costolature piccole = 0,6568 × 4 =. . . . . „ 2,6272
					+ fusto per le costolature = 0,4371 × 8 . . . . . „ 3,4968
					Periferia totale lineari . . . . . Metri q. 9,9488
35	6	57	0	53	L'altezza del piliere fra la base e il capitello è di Metri 16,50. Quindi la superficie verticale in vista è eguale a 9,9488 × 16,50 = Metri q. 164,155 e il volume è eguale alla sopra calcolata superficie orizzontale × l'altezza e cioè: = 5,749,034 × 16,50 = cubi Metri 94,859.
N. 1749	Mq. 437	42	Mc. 36	58	

RIEPILOGO dei tasselli marmo eseguiti nel corso di cinquant' anni e precisamente dall' anno 1840, all' anno 1890, pel restauro delle superfici marmoree verticali e di sviluppo del Duomo di Milano.

Specchietto riassuntivo	Indicazione della località	Quantità dei tasselli: Pezzi Num.	Superficie in Metri quad.		Volume in Metri cubi		Notizie e Calcoli
I.	Alle superfici marmoree verticali e di sviluppo del superiore del Duomo	1,923	294	30	28	77	*a*) La superficie marmorea sulla quale furono operati i restauri, può ritenersi approssimativamente formata da pezzi N. 550,000 — rettangoli di marmo = quindi 550,000 : 157,67 : : 100 : X = ossia la percentuale dei pezzi di rimpello nuovi è di 2, e $\frac{6}{7}$.
II.	Alle superfici marmoree verticali dell' esterno del Duomo dal zoccolo alle merlature .	8,538	1,251	52	138	30	*b*) La superficie marmorea sulla quale furono operati i restauri è di Metri quadrati 110,000 = quindi la proporzione 110,000 : 2576 ; 20 : : 100 : X = ossia la percentuale superficie marmorea nuova è di 2, e $\frac{1}{3}$.
III.	Alle superfici marmoree verticali delle pareti interne del Duomo .	3,557	592	96	52	79	*c*) Il volume della muratura fuori terra con rivestimento marmo è di Metri cubi 68,800 = quindi la proporzione 68,800 : 256 ; 44 : : 100 : X = ossia la percentuale del volume di muratura rinnovato è di 0, $\frac{37}{100}$ = cioè poco più di $^1/_3$ per $^0/_0$.
IV.	Alle superfici marmoree verticali dei pilieri isolati interni del Duomo dal piano sopra le modanature della base al piano del collarino del capitello .	1,749	437	42	36	58	*d*) Il peso totale della muratura, del Duomo, fuori terra può ritenersi di Chilogrammi = 184,320,000 =. — La superficie della sezione orizzontale della muratura stessa al piano del pavimento interno è di Metri quadrati 1266. Quindi supposto il peso distribuito egualmente su tutta la superficie (*ciò però che in realtà non è*) il carico per ogni centimetro quadrato sarebbe di Chilogrammi 14,559.
	Totale dei tasselli marmi eseguiti nel corso di cinquant'anni pel restauro del Duomo . N.	15,767	2,576	20	256	44	

RIEPILOGO notizie e calcoli risguardanti i piloni interni del Duomo e loro restauro.

1.° Il peso totale che gravita sui quattro pilieri che sorreggono la gran cupola, marcati sulla pianta del Duomo allegata allo specchietto IV.° colle lettere G, H, M, N, è stato calcolato in Chilogrammi 11,162,666 = quindi ognuno dei suddetti pilieri porterà il carico di Chilogrammi 2,790,666 =. — La superficie della sezione orizzontale al piano sopra le modanature della base di uno dei suddetti pilieri è di Metri quadrati 5,749. = — Quindi il carico che gravita sopra ogni Millimetro quadrato è di Chilogrammi 0,485.4 = ossia su ogni Centimetro quadrato di Chilogrammi 48,541.

2.° Dei quattro pilieri suddetti G, H, M, N, quello al quale maggiormente occorsero e furono eseguiti, restauri di rimpello è il piliere G =. Tasselli marmo N. 220 = Metri superficiali quadrati = 48,81 =. Volume Metri cubi 4.02. — La superficie marmorea sulla quale venne operato tale restauro è di Metri quadrati 164,155, quindi la proporzione 164, 155 : 48, 81 : : 100 : X = cioè la superficie rinnovata è di 0,297, ossia meno di un terzo = . . . Il volume del piliere sul quale fu operato tale restauro è di Metri cubi 94,859 = quindi la proporzione 94,859 : 4,02 : : 100 : X = cioè il volume rinnovato è di 0,042, ossia poco meno di un ventiquattresimo.

3.° Dei dodici pilieri marcati sulla pianta del Duomo allegata allo specchietto IV.° colle lettere A, B, C, D, E, F, I, J, K, L, O, P, quello al quale maggiormente occorsero e furono eseguiti restauri di rimpello è il piliere O. Tasselli marmi N.° 176. Metri superficiali quadrati 48,99 = Volume Metri cubi 4.08 =. La superficie marmorea sulla quale venne operato tale restauro è di Metri quadrati 141,702, quindi la proporzione 141,702 : 48,99 : : 100 : X — cioè la superficie rinnovata è di 0,345, ossia poco più di un terzo. — Il volume del piliere sul quale fu operato tale restauro è di Metri cubi 69,214, quindi la proporzione 69,214 : 4,08 : : 100 : X = cioè il volume rinnovato è di 0,058, ossia di circa un dieciottesimo.

4.° La superficie, di uno dei pilieri normali isolati, della sezione orizzontale al piano sopra le modanature della base è di . . . . . Metri q. 4,194,792
supposto il caso di un rimpello su la totale sua periferia diminuirà di Metri quadrati 0,079 per ogni costolatura grande, quindi per quattro di tali costolature Metri quadrati 0,316 più di Metri quadrati 0,0553 per ogni costolatura piccola, quindi per quattro di tali costolature Metri quadrati 0,2212 più di Metri quadrati 0,0171 per ogni faccia di fusto fra le costolature, quindi per otto di tali fusti Metri quadrati 0,1368 =.
Assieme la diminuzione della superficie orizzontale di . . . . . „ 0,674,000

La superficie della sezione orizzontale di un piliere normale sarebbe quindi ridotta a . . . . . Metri q. 3,520,792

5.° La superficie della sezione orizzontale al piano sopra le modanature della base di uno dei quattro pilieri grossi che sorreggono la gran cupola è di . . . . . Metri q. 5,749,034
Supposto il caso di un rimpello su la totale sua periferia diminuirà di Metri quadrati 0,0886 per ogni costolatura grande, quindi per quattro di tali costolature Metri quadrati 0,3544 più di Metri quadrati 0,0553 per ogni costolatura piccola, quindi per quattro di tali costolature = Metri quadrati 0,2212 più di Metri quadrati 0,0262 per ogni faccia di fusto fra le costolature, quindi per otto di tali fusti Metri quadrati 0,2096. = Assieme la diminuzione della superficie della sezione orizzontale è di . . „ 0,785,200

La superficie della sezione orizzontale di un piliere grosso sarebbe ridotta a . . . . . Metri q. 4,963,834

6.° Ritenuto quindi che il peso che gravita su cadauno dei suddetti pilieri grossi è di Chilogrammi 2,790,666, e supposta la superficie della sezione orizzontale al piano sopra le modanature della base ridotta a Metri quadrati 4,963,834 = il carico che graviterebbe sopra ogni millimetro quadrato ascenderebbe a Chilogrammi 0,562, ossia per centimetro quadrato a Chilogrammi 56,210.

Milano, gennaio 1891.

L'Architetto e l'Agente della Fabbrica del Duomo
Ing. PAOLO CESA BIANCHI — LUIGI TAZZINI.

MATERIALI ACQUISTATI NEI PRIMI CINQUE ANNI

PER LA COSTRUZIONE DEL DUOMO DI MILANO

(Vedi Vol. 1° Appendice *Annali della Fabbrica del Duomo di Milano* pel 1387, pag. 53 — pel 1388, pag. 56 — pel 1389, pag. 106 — pel 1390, pag. 150 — pel 1391, pag. 207.)

ANNO	LATERIZII				MARMO				SARIZZO			
	QUANTITÀ Pezzi mattoni	COSTO Lire	s.	d.	QUANTITÀ B.ª	SPESA ALLE CAVE Lire	s.	d.	QUANTITÀ B.ª	SPESA ALLE CAVE Lire	s.	d.
1387	**652.250.—**	1565	8	8	**110.—**	165	—	—	**350.—**	87	15	5
1388	**1.884.300.—**	4522	3	2	**1000.—**	**1100**	—	—	**39.850.—**	**10.361**	**3**	**4**
1389	**426.000.—**	1022	8	8	1844.—	3879	2	—	6028.—	1561	11	2
1390	**32.500.—**	77	19	4	6186.3/4	4671	11	4	2675 1/2	423	9	2
1391	**5.850.—**	14	—	—	5853.1/2	7552	—	—	5263.—	1663	3	6 1/2
					14384.1/4	16.267	13	4	13.966.1/2	3735	19	3 1/2
Somme	**3.000.900.—**	7201	19	10	**16.094.1/4**	**17.367**	**13**	**4**	**54.166.1/2**	**14.097**	**2**	**7 1/2**

Prezzo unitario medio: **Mattoni** Lire **2. 8 per mille.** — **Marmo** Lire **1. 2 al Braccio.** — **Sarizzo L. 0. 5. 2 1/2 al Braccio.**

I mattoni impiegati nella fondamenta del Duomo sono di dimensioni tali che per formare un quadretto di muro occorrono N. 87 mattoni — quindi colla quantità di mattoni sopra ottenuta si saranno costruiti circa quadretti muro 34.500.

Le quantità, esposte con cifre più marcate, sono ottenute dividendo l'ammontare della spesa per il prezzo medio approssimativo unitario.

La spesa per Marmi e Sarizzi nell'anno 1388 è data assieme in L. 11461. 3. 4.

Se si tiene conto della commissione marmi fatta nell'anno 1387 per l'anno 1388 (vedi pag. 14 e 15 degli *Annali,* 1° volume) che è di B. 200 — e se si collega ciò con le notizie portate dal Verbale del giorno 20 marzo 1388 (volume 1° *Annali,* pag. 19) dando alla stessa l'interpretazione che la muratura del Duomo fuori terra era in quei giorni appena incominciata — e con l'altra del giorno 12 aprile 1388 (volume 1° *Appendice Annali,* pag. 55.) Modelli forma dei piloni — e delle disposizioni e atto di nomina 21 gennaio e 3 febbraio 1389 del soprastante alle Cave (vedi *Annali,* 1° volume, pag.ᵉ 22 e 23) — e della grossa spesa fatta per mattoni nell'anno 1388, che è tripla di quella sostenuta nell'anno 1387 e più di quattro volte quella dell'anno 1389, si può presumere che nell'anno 1388 non si deve aver consumato più di B. 1000 di marmo, si che la restante spesa in questa categoria sarà quella per acquisto Sarizzo.

RELAZIONE

SUGLI

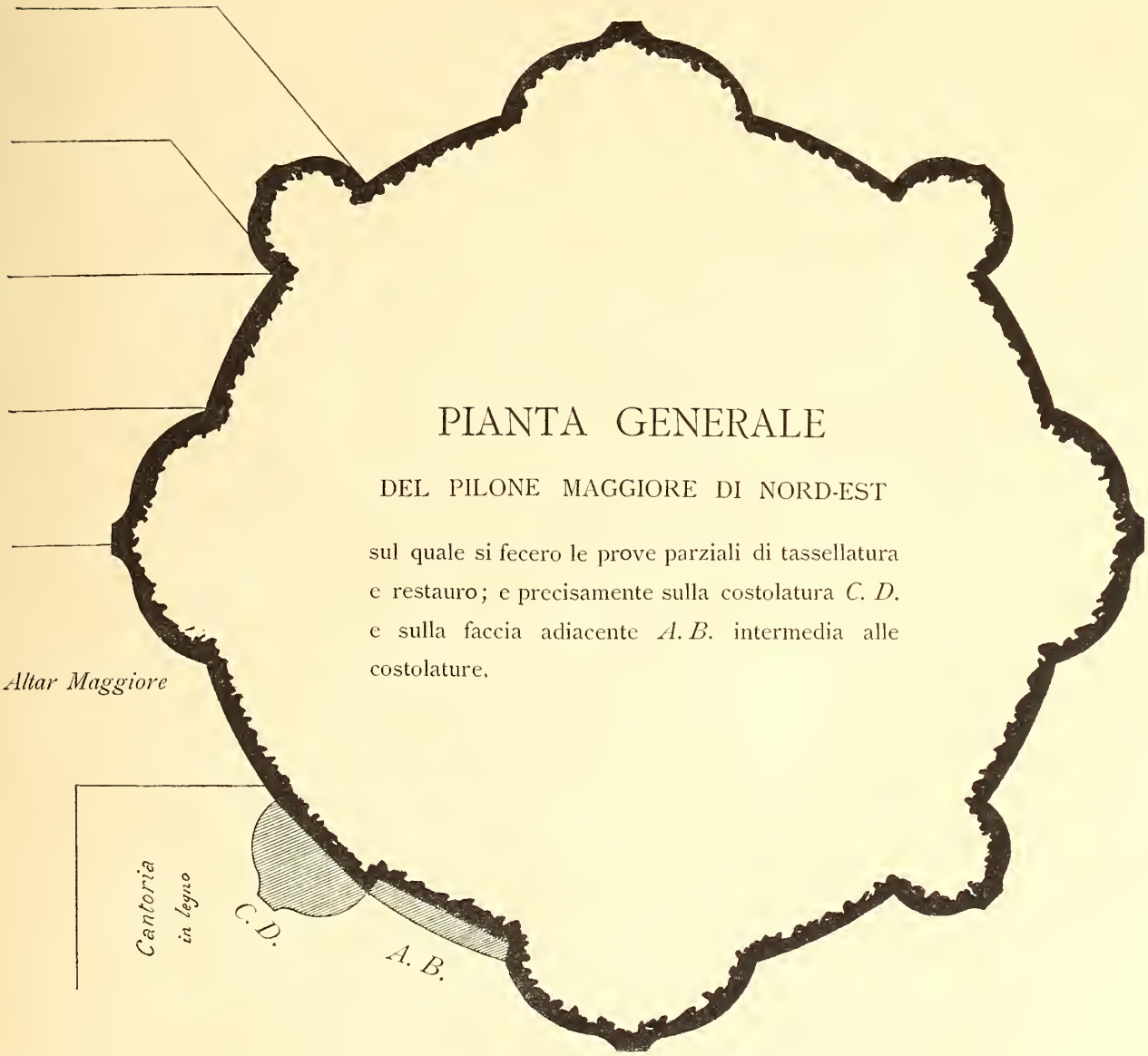
ESPERIMENTI DI RESTAURO E TASSELLATURA

IN UNO DEI

PILONI MAGGIORI DEL DUOMO.

In conformità dello speciale incarico avuto dalla Onorevole Commissione — di presenziare, controllare e dirigere le prove di tassellature, da eseguirsi a

Fig.ª I.ª



Scala nel rapporto da 1 20.

scopo di occorrente restauro nei piloni maggiori del Duomo, rilevando altresì tutte quelle inerenti ed utili nozioni, che potevano essere fornite anche dai maestri

d' arte addetti alla Fabbrica, come risulta accennato nel decreto ministeriale — i sottoscritti rendono brevemente conto dell' opera loro.

D'accordo colla Onorevole Commissione tecnica dell' Opera del Duomo, venne scelto, per il sovraccennato studio e lavoro, uno dei due maggiori piloni centrali, sul quale vennero praticati gli assaggi, per la ricerca della sua interna struttura; e precisamente quello di Nord-Est sul fronte, a sinistra (vedasi la Fig.ª I.ª), nel suo lato interno, verso l'altare maggiore; come quello più indicato e di occorrente restauro, per le evidenti lesioni di pezzi e conci contigui e sovrapposti, nella sua base — tanto nelle grandi costolature verticali del pilone, che negli spazii lisci intermedi — e favorito per di più dalla esistenza di un vano dietro le pareti di legno del coro, che permetteva il libero e continuato svolgimento del lavoro e degli inerenti studi ed esame.

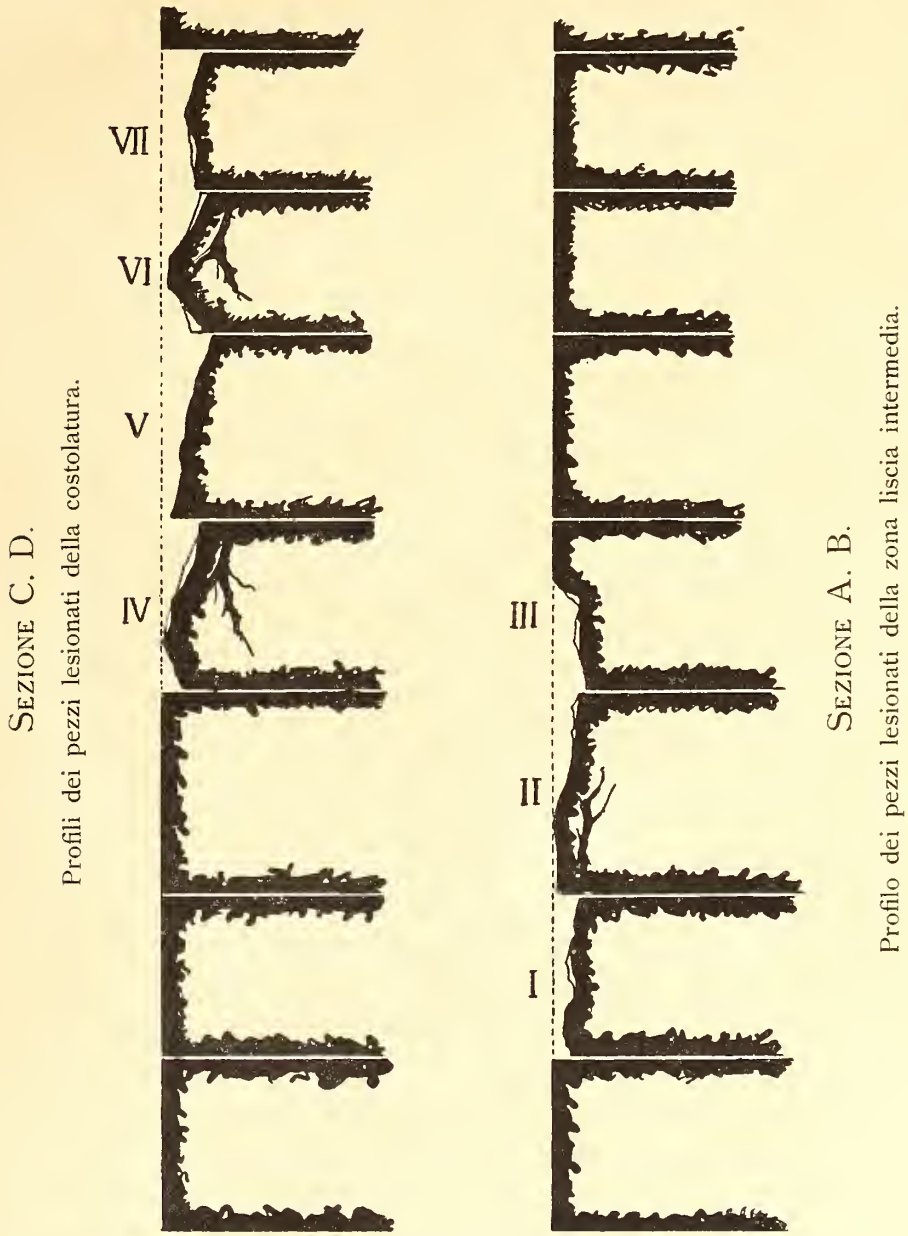
Come risulta dalle Fig.ᵉ II.ª e III.ª allegate, e dimostranti il prospetto d'insieme e le effettive sezioni dei diversi pezzi, il deterioramento di questi consisteva in grosse slabbrature e sfaldature verticali, determinanti il distacco parziale o completo della superficie del pezzo, lasciando però quasi sempre, anche nel primo caso, la rimanente parte esterna in cattive condizioni di resistenza, perchè lesa, incrinata e crocchiante alla semplice percussione di esame.

Queste deteriorazioni e rotture, parte verticali e parte obliquate relativamente alla superficie dei pezzi, richiamavano e confermavano la studiata e dimostrata inclinazione teorica ad angolo diedro approssimativo di 105°, evidente nelle rotture caratteristiche di questi marmi, di struttura decisamente spatica, e determinata dai tre piani di sfaldatura esistenti.

Delle cause diverse, e concomitanti, di queste deteriorazioni e rotture, la principale sembra evidentemente la irregolare distribuzione del carico in questo pilone, che stante lo speciale sistema di costruzione — accertato dalla Commissione, con decisivi esperimenti — a giunti spianati e finissimi all' esterno, maggiormente rinserratisi col peso sovrapposto, e di maggior spessore all' interno, tanto nella continuazione dei conci marmorei, che dei granitici — entrambi in piena funzione statica — determinò certamente quelle vistose slabbrature e sfaldature, formanti lesioni maggiormente gravi, poichè estese a pezzi contigui e sovrapposti. A questa causa principalissima vanno aggiunte, quali secondarie ma pure efficienti, la speciale qualità e struttura del marmo dei singoli pezzi, la loro disposizione alla rottura caratteristica, e gli agenti atmosferici: non ultimi dei quali, lo stato di forte e permanente igrometricità, l' anidride carbonica, e fors' anche la differenza di temperatura, che per quanto minimamente, dilatando le facce esterne dei pezzi, a giunti soverchiamente rinserrati, può determinare in parte, o precipitare i guasti dei singoli pezzi.

Fig.ª II.ª

RILIEVI DELLE PARZIALI DETERIORAZIONI DEI PEZZI NEL CITATO PILONE MAGGIORE DI NORD-EST.



Scala nel rapporto da 1 a 12.

Forse l'irregolare distribuzione del carico, in questo pilone, va ricercata nelle spinte degli arconi superiori ed opposti — infatti un po' lesi e deformati, singolarmente quello verso la navata destra del capocroce — che possono aver obliquato, per quanto minimamente, e forse sino dai primi tempi (quando cioè non erano ancora svolti i quattro grandi arconi centrali colleganti i maggiori piloni, e prima quindi che esistesse ogni sovracarico agli stessi): cosa possibilissima del resto — e ci sono esempi in altri pilastri — in una costruzione a fulcri parziali, isolati ed elevati, quale è quella del Duomo.

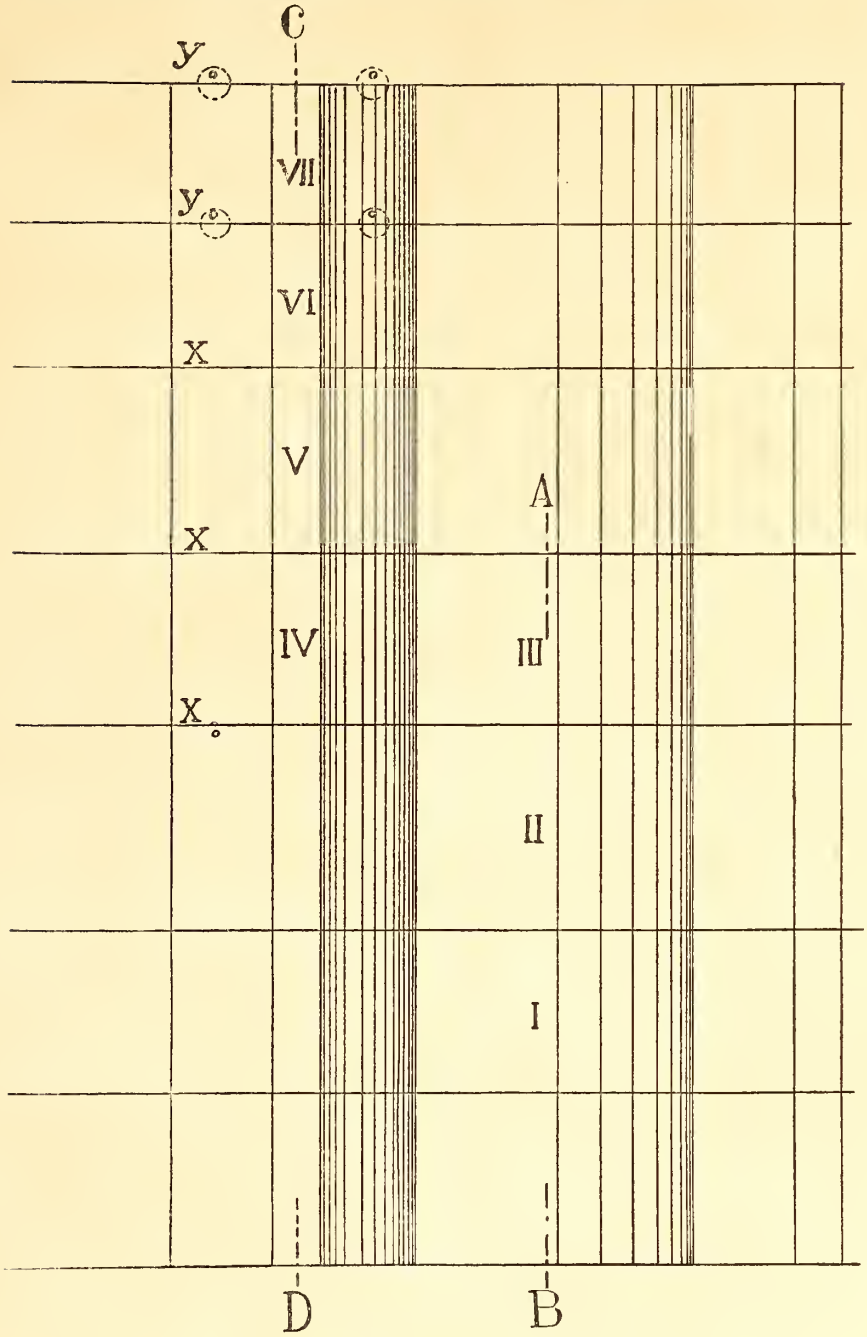
Notisi per di più che la deteriorazione dei conci, in questa parte del pilastro e principalmente nella citata costolatura, continua anche sopra i pezzi elencati, costituendo per così dire un sistema di sfaldature verticale e continuo; come ci fu dato d'intravvedere malgrado l'ostacolo della esistente provvisoria puntellatura, e della Cantoria in legno che vi si addossa.

E quando si consideri che tanto la parte marmorea esterna, quanto la granitica interna, formante nocciolo centrale e rinserrato, concorrono egualmente e potentemente, come venne oramai accertato, al conseguimento della solidità dei piloni, essendo entrambi in piena e secolare funzione statica — avvertendo altresì che forse in dati periodi dell'anno, la parte marmorea, formante la costruzione esterna, per la maggiormente sentita benchè minima dilatazione e stato di igrometricità, può essere sottoposta ad una maggiore funzione statica — ne risulta positivamente che il restauro di simili pezzi così intaccati, sebbene questi siano della migliore qualità e struttura, come l'inerente studio eseguito lo ha dimostrato, riveste sempre un carattere di particolare importanza, massime nei casi speciali, identici a quello citato, ove trattasi di pezzi contigui e sovrapposti, dimostranti una generale ed anormale condizione statica del pilone, evidente in quella parte, ed abbracciante una superficie abbastanza rilevante.

Ed infatti il restauro dei singoli pezzi deteriorati dei piloni — e quale in massima aveva già fatto oggetto di lungo e laborioso studio da parte della Commissione, tanto sotto l'aspetto di restauro parziale esterno, quanto di restauro integrale e di completa sostituzione — esige uno studio preventivo, accurato e speciale sulle cause e forme delle lesioni, e sulle qualità e strutture dei singoli pezzi; studio che permetta di determinarne la gravità, la ragione d'essere e la modalità di esecuzione, onde il restauro risulti appropriato, e mitighi l'inconveniente inerente di diminuire sempre più lo spessore medio dei conci marmorei, aumentando per lo contrario il numero delle commessure e dei pezzi, tendendo a creare un esile e progressivo rivestimento, in sostituzione parziale dei conci, nella loro faccia esterna, ed in danno della sezione utile di funzione statica, e della solidità d'impianto dei piloni.

Fig.ª III.ª

PROSPETTO GENERALE DEI PEZZI RESTAURATI.



Scala nel rapporto da 1 a 12.

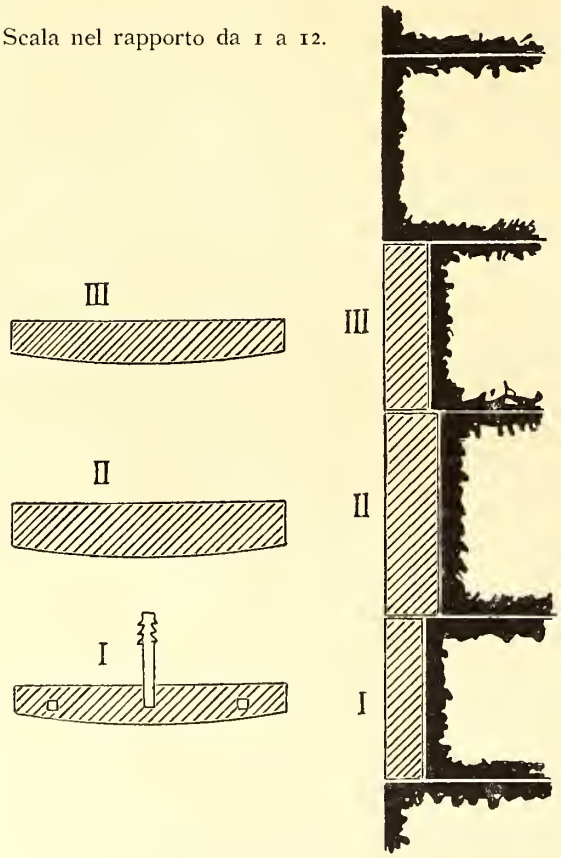
NB. Ogni nuovo pezzo, all' infuori dell'ultimo superiore di ciascun gruppo, è assicurato al corpo del pilone con chiavelle di ferro zincato, ed al pezzo soprastante con due perni di ottone (vedasi la pianta del pezzo IV nella fig. V.ª) L' ultimo pezzo superiore è assicurato al sottostante ed al soprastante, con pezzetti di piombo colato (vedasi Y.)

Nel caso nostro — come risulta evidente nei disegni delle Fig.e IV.a e V.a comprendenti la sezione media delle facce arretrate e spianate dei vecchi conci deteriorati, dimostranti altresì lo spessore dei nuovi pezzi applicati in rivestimento, e le singole piante dei pezzi stessi — si procedette allo staccamento delle diverse parti tuttavia aderenti, ma incrinate e crocchianti alla percussione, dei pezzi deteriorati; ed alla lavorazione, sulla parte buona rimanente, della loro nuova faccia arretrata, regolarmente spianata a grossa scalpellatura, in guisa che ne risultasse, mediante la diversità dello spessore dei diversi pezzi contigui e sovrapposti, un profilo a risalti, da corso a corso, onde i nuovi pezzi di differente rientranza, formassero e per sè stessi, ed in funzione col vecchio nucleo della muratura, una serie di addentellature di utilissima ed importante funzione, per la loro resistenza, e la solidità dell'opera di restauro e di rivestimento. (Vedansi le sezioni dei nuovi pezzi nelle Fig.e IV.a e V.a)

Fig.a IV.a

RESTAURO DEI CONCI DELLA ZONA LISCIA INTERMEDIA FORMANTE IL GRUPPO *A. B.*

Scala nel rapporto da 1 a 12.

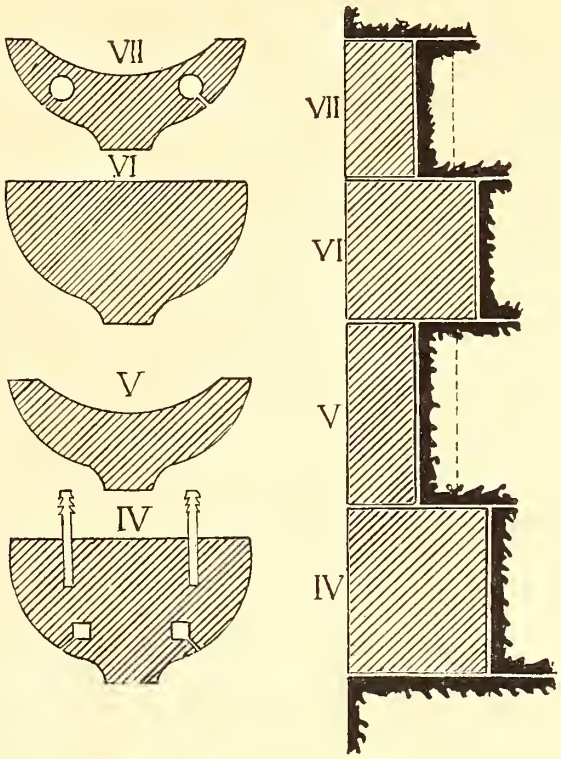


NB. La venatura (piano naturale di *seda,* o clivaggio) dei pezzi I, II, III, di questo gruppo di restauro, venne tenuta verticale, stante il loro limitato spessore e l'applicazione a semplice scopo di rivestimento.

E questo concetto è di importantissima applicazione, principalmente nelle forme sporgenti, quali le costolature, ecc.; poichè i nuovi pezzi, di limitata rientranza, restano soverchiamente isolati e quindi in condizioni di facilmente deteriorarsi e staccarsi. Ed in questi casi, di diversi pezzi contigui e sovrapposti, è utilissima cosa che alcuni, intermedii, abbiano un maggior spessore per lo scopo anzidetto creando così un solido innesto ed una vigorosa compenetrazione della nuova colla vecchia costruzione.

Fig.ª V.ª

RESTAURO DEI PEZZI DELLA COSTOLATURA
FORMANTE IL GRUPPO *C. D.*



Scala nel rapporto da 1 a 12.

NB. La venatura di questi pezzi IV, V, VI, VII, formanti lo speciale gruppo di restauro delle costolature, venne tenuta orizzontale, stante il loro maggiore spessore ed aggetto, e la loro proporzionale funzione di sopporto.

I nuovi pezzi da sostituirsi in rivestimento, oltre che scelti colla massima cura, evitando le qualità di struttura largamente lamellare, o soverchiamente spatica, siccome quelle che presentano il maggior pericolo di sfaldature, vennero pure impiegati con speciale riguardo al loro piano naturale di *seda* (clivaggio);

impiegandoli col citato piano senso verticale (come si usa per le decorazioni, le colonne e le statue) per i pezzi di forma a lastra, di rivestimento propriamente detto, aventi uno spessore massimo di sei ovvero sette centimetri; ed all'opposto col citato piano di seda in senso orizzontale, nei pezzi di maggior spessore e di forza, destinati ad entrare a loro volta in proporzionale ed effettiva funzione statica.

I nuovi pezzi vennero eseguiti assai accuratamente, ed in guisa e forma da adattarsi perfettamente nel vano corrispondente, sostituendo il vecchio materiale deteriorato e scalpellato; e furono lavorati perfettamente nella loro faccia esterna, nei giunti e piani di posa, e grossamente, ma pure esattamente nelle loro facce interne, in guisa da combaciare perfettamente colle facce naturali e scalpellate dei vani.

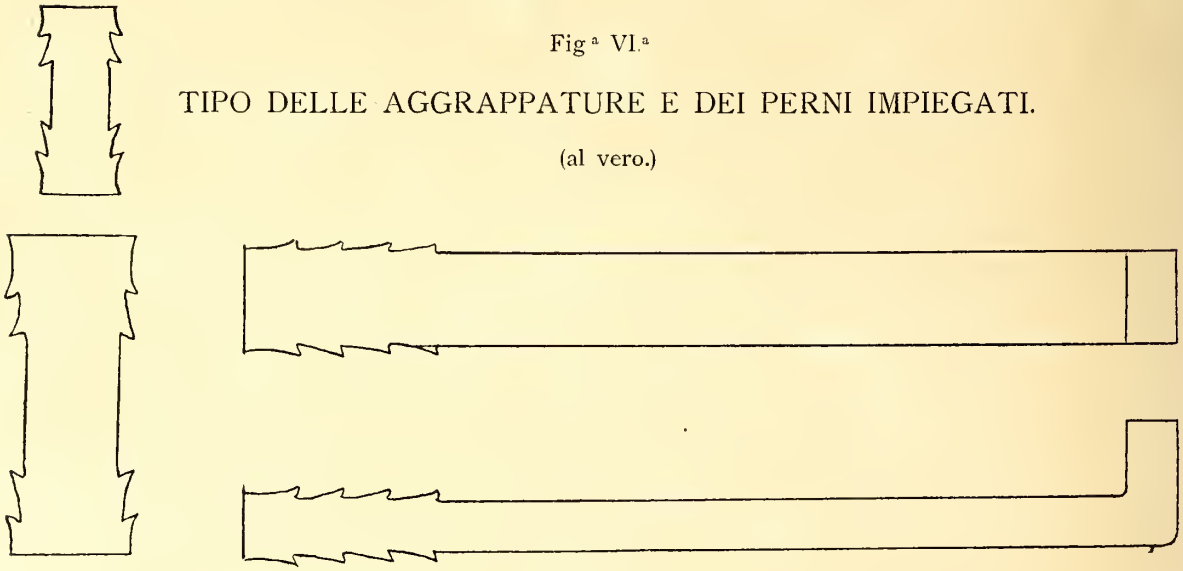


Fig.ª VI.ª

TIPO DELLE AGGRAPPATURE E DEI PERNI IMPIEGATI.

(al vero.)

Ciò fatto si predisposero le aggrappature ed i perni in ferro (vedasi la Fig.ª VI.ª) di buona qualità nostrale, il tutto debitamente zincato a galvanoplastica, onde il metallo risulti meglio incorporato e steso su tutta la superficie, per evitarne la ossidazione: disponendo preventivamente le prime (staffe) impiombate nei vecchi pezzi, e sporgenti a sufficienza con una testata, in guisa da poter aggrappare nella parte superiore, e trattenere, il nuovo pezzo di rivestimento; ed i secondi (fulcri) pure preventivamente adattati ed impiombati nei piani inferiori di posa dei nuovi pezzi, in corrispondenza di altrettante cavità nella faccia superiore e di corrispondente combaciamento coi vecchi pezzi sottostanti, pure a scopo di maggior solidità ed aggrappamento, e destinati ad essere alla loro volta impiombati, come più avanti diremo.

Procedendo alla posa dei singoli pezzi, si spalmarono preventivamente, a scopo detersivo (lavacro) le facce interne dei vani, con uno speciale liquido cristallizzante, a base di silicati, usato dalla Direzione dei lavori; e si spalmarono a sufficienza le facce interne dei nuovi pezzi, con malta accuratamente manipolata ed in stato scorrevole, fatta con calce dolce colata e polvere di marmo, proveniente dai cantieri della Fabbrica (invece di sabbietta) e quale è usata per la posa dei nuovi pezzi in genere; aggiungendovi in limitata proporzione, per la speciale operazione delle tassellature e restauri, allo scopo di sollecitarne l'indurimento e la cristallizzazione, e nuovo liquido ed uno stucco speciale, detto polvere di Kunstein: (specie di mastice proveniente da Krittenfeld, nella Stiria, che impiegato unitamente al liquido sopracitato, produce un'amalgama di assai buoni risultati, come è dimostrato dalle numerose applicazioni di questi ultimi anni).

I pezzi così spalmati si applicarono ai vani corrispondenti: e mediante un opportuno lavoro, egregiamente eseguito dall'abilissima ed accurata maestranza della Fabbrica, vennero esattamente collocati al rispettivo loro posto e nella condizione voluta, ottenendosi altresì, e contemporaneamente, l'occorrente stendimento della malta speciale, onde non rimanessero dannose cavità di sorta all'interno; e ciò con opportune battiture col manico del mazzuolo, o con legni interposti che ne attutissero i colpi diretti, allo scopo di non danneggiare la superficie dei singoli pezzi. In seguito, e dopo aver compresso con opportune sbadacchiature e puntelli i nuovi pezzi, allo scopo di non lasciarli smuovere, laddove esisteva superiormente un altro vano destinato ad accogliere successivamente un nuovo pezzo, si procedette alla impiombatura delle grappe e dei perni, avendo avuto cura, sin dal principio della operazione, di disporre attorno alla cavità destinata ad accogliere il becco delle grappe od i perni, una parziale corona di difesa, a ferro di cavallo ed in lastrina di piombo, la quale oltre che funzionare da cuscinetto di posa, impedisse alla malta di invadere e colare nelle fossette destinate ad essere riempite dal piombo fuso; ed essendosi preventivamente completata la predisposizione, per la buona riuscita dell'operazione, non solo col tracciare un canaletto di scolo per il detto piombo, nella faccia del nuovo pezzo, ma col praticarvi altresì un superiore e corrispondente forellino, eseguito a trapano, allo scopo di permettere la sfuggita dei gas all'atto della impiombatura.

E notisi che qualora il nuovo pezzo di restauro fosse isolato, cioè rinserrato completamente fra vecchi pezzi, oppure l'ultimo, in senso verticale, di una serie di nuovi pezzi applicati, non essendo possibile la contemporanea applicazione dei pernietti di collegamento, poichè il pezzo non entrerebbe nel vano, questi si ottengono con una forma approssimativa in getto di piombo, praticando nelle facce combacianti dei pezzi delle cavità semisferiche corrispondenti, le quali

sono per l' appunto destinate ad essere riempite di piombo colato, formante un nocciolo nel corpo dei due pezzi funzionante da pernio, costituendo così il sistema rigido, e conseguendo il loro completo aggrappamento. (Vedansi le speciali indicazioni y, y, della Fig.ª III.ª)

Ed in questo caso le cavità praticate si possono tenere sgombre dalla malta invadente, mediante un filo di refe comune aggomitolato, sporgente per un capo dal canaletto di fusione; filo che a pezzo posato e prima della impiombatura, si estrae colla massima facilità.

Un perfezionamento di questa operazione si potrebbe pure attuare mediante pernietti di alluminio, disposti nelle cavità inferiori dei nuovi e dei vecchi pezzi, abbastanza approfondite, onde gli stessi non abbiano a sporgere superiormente, in guisa da impedire la collocazione del pezzo nel vano obbligato. Versando il piombo, detti pernietti per la loro leggerezza si solleverebbero, venendo ad occupare per circa la loro metà la corrispondente cavità superiore praticata nel pezzo di combaciamento; e così si otterrebbe una perfetta imperniatura inferiore e superiore, anche in questi pezzi speciali ed isolati.

Ciò posto, mediante le opportune ciotole in creta, eseguite esternamente ed in corrispondenza dei canaletti di fusione, spalmate con pezzetti di sego, si versa il piombo nei diversi punti; avvertendo che sia ben liquido (pur non dovendo essere soverchiamente arroventato, per non danneggiare il calcare) onde lo stesso possa scorrere e riempire intieramente le cavità preparate di impiombatura.

In ultimo si procedette alla diligente e perfetta stuccatura e pressatura dei giunti, tanto orizzontali che verticali: operazione importantissima per la migliore conservazione del monumento, tendendo la stessa ad impedire o limitare ogni nociva infiltrazione, che inquinando e disgregando le malte, danneggia le faccie interne dei conci e le masse murali.

Così si eseguirono con una lodevole accuratezza gli esperimenti ed effettivi lavori di tassellatura, a scopo di restauro, nel citato maggior pilone del Duomo; esperimenti e lavori che ci venne dato di presenziare, controllare e dirigere a diverse riprese, nel corrente anno.

E prima di chiudere questa sommaria relazione, ci sia permesso di esporre alcune considerazioni intorno ai restauri, ed ai lavori di tassellatura, maturate in corso di questi esperimenti.

Così noi raccomandiamo precipuamente che ogni e qualsiasi guasto della parte marmorea del Duomo, ed in ispecie dei piloni, che formano l'obbiettivo degli studi della Commissione, debba essere preventivamente sottoposto ad un esame accurato, in base al quale abbiansi a decidere i soli ristauri riconosciuti necessarii, abbandonandosi assolutamente (come si è abbandonata la difettosa,

macchiata e deturpante applicazione dei rappezzi in cemento) ogni idea eventuale di restauro puramente decorativo, nei casi molteplici e numerosissimi di danno apparente e di piccole sfaldature: e ciò allo scopo di non intaccare soverchiamente la superficie dei piloni, in danno diretto ed evidentissimo della loro solidità, ed in conformità del genuino criterio di razionale restauro, il quale deve essenzialmente consistere, e limitarsi alla esecuzione delle opere strettamente necessarie per la conservazione e di sicurezza, anzichè estendersi ad opere eccessive e superficiali, che tenderebbero piuttosto a mantenere il monumento in quello stato di lindura e correttezza di forma esterna, quale sortì dalle mani dei primi artefici, e quasi si direbbe continuamente nuovo: metodo codesto più decorativo che sostanziale, pratico ed adatto, e come tale da evitarsi in ogni epoca e circostanza possibile, massime per i piloni, poichè ne altererebbe viemmaggiormente la solidità cangiandone ed indebolendone la loro esterna struttura.

Piuttosto in via di esperimento, studi la Direzione tecnica un mastice, a base di polvere di marmo, coll' opportuna miscela dello stucco e del liquido speciali citati, per la sigillatura delle leggere slabbrature e scrostature, limitandone però sempre l'applicazione ai punti di maggiore evidenza ed al basso: avvertendo se fosse possibile di avvicinarsi con tale impasto alla tonalità trasparente e cristallina del marmo, onde evitare in ogni miglior modo le macchie opache e stonanti; ed applicandolo opportunamente colle migliori precauzioni dell' arte, detergendo le faccie di rottura col liquido cristallizzante, e viemmeglio assicurando questo superficiale e modesto restauro con pernietti in bronzo, infissi nel vecchio pezzo ed aggrappanti lo stucco. In ogni modo, e per qualsiasi parte del Tempio, meglio a nostro avviso una superficie deturpata da leggere slabbrature dei margini dei pezzi, che una superficie di levigato e graduale rimpello, tendente a formare una zona inerte di involucro, in diminuzione della sezione originale di impianto in piena azione statica, ed in parziale sostituzione della attuale e fortissima costruzione di conci marmorei, formanti colle loro testate la normale e genuina superficie delle pareti e dei piloni.

Per contro, nei casi di restauri riconosciuti veramente necessarii, per riparazione di sfaldature, lesioni e fenditure di conci, estese e di evidente e compromettente difetto, il provvedimento da adottarsi deve tendere a menomare, per quanto sarà possibile e consentito, la sfavorevole condizione di semplice rivestimento: sostituendo anche integralmente, con ogni maggior cautela i pezzi completamente guasti, di riconosciuta compromessa funzione statica, e che colla trapanatura o colla semplice percussione si potessero accertare di minimo spessore; e riparando parzialmente — come negli esperimenti e lavori retro descritti — i pezzi estesamente lesionati, asportando completamente la parte guasta, incrinata e crocchiante alla percussione; avendo cura nei casi di pezzi contigui,

di temperare il suesposto concetto colla diversità di spessore dei nuovi pezzi, in guisa da ottenere un addentellato ed innesto degli stessi coi vecchi pezzi, struttura codesta utilissima e necessaria per la solidità e la conservazione dell'opera.

Come pure, considerando taluni inconvenienti del ferro che tuttora si impiega, per quanto debitamente stagnato (nelle eseguite ricerche sulla interna costruzione e condizione dei piloni, essendosi trovate delle staffe in ferro parzialmente ossidate) si raccomanda di adottare le aggrappature ed i pernietti in bronzo, materiale solidissimo, maggiormente resistente, ed ora di costo limitato; e ciò tanto nelle costruzioni, quanto e principalmente nelle opere accurate e rilevanti di restauro.

Ed importante, anzi essenzialissima cosa sarà mai sempre la buona e speciale scelta del marmo per la lavorazione dei nuovi pezzi, per quanto riguarda la sua intima struttura; scartando assolutamente le qualità largamente lamellari e decisamente spatiche, perchè più predisposte alle sfaldature, massime nei pezzi di rivestimento, di esile forma, facilmente compromessa dalla lavorazione, per quanto accuratamente eseguita: ed adottando invece sistematicamente e costantemente i marmi a grana fina, di struttura irregolare e quasi amorfa, come quelli che presentano minor pericolo di lesioni e di guasti.

Inoltre, e per qualsiasi lavoro, sarà sempre necessaria la rigorosa, accurata ed esatta applicazione di quei metodi e di quelle modalità di pratica esecuzione che si vennero descrivendo; aggiungendo — per gradito dovere di verità — che per quanto riguarda la accuratezza del lavoro, tanto la Direzione che la valente maestranza sono veramente degni di encomio.

Chiuderemo questa sommaria relazione coll'appoggiare caldamente la proposta di tenere un rilievo di tutti gli eseguiti lavori di restauro, con apposite tavole, a somiglianza di quanto si fa per altri importantissimi monumenti nazionali, quale il Palazzo Ducale di Venezia, ecc., (proposta già suggerita e propugnata da anni, in seno alla Commissione Conservatrice dei Monumenti, da uno dei sottoscritti): allo scopo di documentare e dimostrare in ogni tempo, e per qualsiasi ed occorrente studio e lavoro, la vera condizione statica delle singole parti del monumento, e principalmente la speciale disposizione, forma e struttura dei pezzi, che ne costituiscono la superficie, tanto liscia che decorativa.

Ed a facilitare la evidenza e lettura dei singoli pezzi di ristauro, basterà disporre dei segni convenzionali nei punti salienti, che servino di indicazione e di caposaldo per i restauri così suddivisi a gruppi, e di riferimento per i rilievi e le inerenti osservazioni in qualsiasi epoca.

Questa la esposizione degli esperimenti e lavori, a scopo di restauro, da noi presenziati, controllati e diretti, col pieno, competente e cortesissimo appoggio

dell'onorevole Direzione della Fabbrica, che cordialmente si ringrazia, e che da parte sua dichiara di aver sempre eseguito, colla massima accuratezza, ogni precedente restauro: queste le considerazioni che ci siamo creduti in dovere di modestamente esporre, in vantaggio della conservazione del maggior Monumento cittadino, gloria dei nostri avi, della Patria e dell'Arte.

Milano, li 15 dicembre 1892.

Devotissimi

Ing. Giovanni Cerruti.

Arch. Augusto Guidini.

GETTY RESEARCH INSTITUTE
3 3125 01096 2658